

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова»**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ДРОЖЖЕЙ**

**краткий курс лекций  
для студентов 3 курса**

**Направление подготовки  
19.03.02 Продукты питания из растительного сырья**

**Профиль подготовки  
Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий**

Саратов 2016

УДК 663.14  
ББК 28.4  
С145

Рецензенты:

Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник  
ФГНУ НИИСХ Юго-Востока

О.В. Крупнова

Доктор биологических наук, профессор  
кафедры «Микробиология, биотехнология и химия»  
ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»

*А.А. Щербаков*

**Технология производства пищевых дрожжей:** краткий курс лекций для студентов 3 курса специальности (направление подготовки) 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья/ Сост. : М.К. Садыгова//ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 53 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Технология производства пищевых дрожжей» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья. Краткий курс лекций содержит теоретический материал по технологии производства пищевых дрожжей. Направлен на формирование у студентов знаний о технологии производства хлебопекарных, пивных и кормовых дрожжей.

УДК 663.14  
ББК 28.4

© Садыгова М.К. 2016

©ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2016

## **ВВЕДЕНИЕ**

Технология производства пищевых дрожжей – одна из важнейших профессиональных дисциплин. Технология производства пищевых дрожжей изучает сырье для производства дрожжей, способы приготовления питательных сред, технологию получения маточных и задаточных дрожжей.

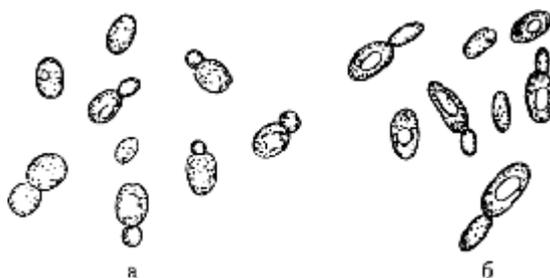
Краткий курс лекций по дисциплине «Технология производства пищевых дрожжей» предназначен для студентов по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья. Курс направлен на формирование ключевых компетенций, необходимых для эффективного решения профессиональных задач и организации профессиональной деятельности на основе знаний, которые помогут правильно сориентироваться и начать научную работу

## Лекция 1

### МИКРОБИОЛОГИЯ ДРОЖЖЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

#### 1.1. Характеристика микроорганизмов дрожжевого производства

Для производства прессованных хлебопекарных дрожжей используют различные расы дрожжей-сахаромицетов вида *Saccharomyces cerevisiae* (Л-1, ЛВ-7, ЛК-14, ЛТ-17) и гибриды 608, 616, 722, 739. По характеру брожения — это верховые дрожжи; при брожении они долго не опускаются на дно и частично поднимаются на поверхность бродящей жидкости в виде пены. Эти расы имеют крупные клетки, которые быстро размножаются в меласной питательной среде, стойкие при хранении в прессованном и сушеном виде, обладают высокой ферментативной (мальтазной и зимазной) активностью.



**Рис. 1. Хлебопекарные дрожжи: а - раса Томская; б - раса ЛБД-Х1.**

Мальтазная активность — это время (в мин), необходимое для выделения 10 мл  $\text{CO}_2$  при сбраживании 10—20 мл 5%-ного раствора мальтозы при 30 °С дрожжами, взятыми в количестве 2,5% к объему среды. Мальтазная активность характеризует способность дрожжей гидролизовать мальтозу муки и зависит от присутствия в дрожжах фермента мальтазы. Мальтоза — основной сахар теста она с большим трудом сбраживается дрожжами и более медленно, чем другие сахара, так как дрожжи содержат сравнительно мало мальтазы. Мальтазная активность дрожжей хорошего качества должна быть не более 100 мин.

Зимазная активность — это время (в мин), необходимое для выделения 10 мл  $\text{CO}_2$  при сбраживании 10—20 мл 5%-ного раствора глюкозы при 30 °С дрожжами, взятыми в количестве 2,5% к объему среды. Зимазная активность дрожжей хорошего качества должна быть не более 60 мин.

Подъемной силой называется период времени, выраженный в минутах, в течение которого тесто, замешенное на испытуемых дрожжах, поднимается до определенного уровня в формочке.

Источниками попадания посторонней микрофлоры в производство дрожжей являются сырье, минеральные соли, ростовые вещества (кукурузный экстракт, солодовые ростки), засевные дрожжи, вода, воздух, технологическое оборудование. Развиваясь совместно с дрожжами, посторонние микроорганизмы неблагоприятно влияют на технологический процесс, снижают выход и качество готовой продукции [6].

#### 1.2. Микрофлора мелассы

Микроорганизмы могут попадать в мелассу из свеклы, из аппаратуры, воды и воздуха в процессе сахароварения. В густой мелассе с высоким содержанием сахаров (около 50%) при общем количестве сухих веществ 76—80% микроорганизмы не

размножаются, а при длительном хранении в соответствующих условиях в закрытых хранилищах, количество их уменьшается вследствие отмирания менее осмоустойчивых форм. При переработке мелассы, сильно обсемененной посторонними микроорганизмами, в дрожжерастильные аппараты попадают микроорганизмы-вредители, которые, размножаясь вместе с основной культурой дрожжей, будут угнетать ее рост и нарушать нормальное течение технологического процесса. При этом снижается выход готовой продукции и её качество. Посторонние микроорганизмы, оставшиеся в готовой продукции, снижают подъёмную силу дрожжей и стойкость их при хранении.

Из большого количества разнообразных микроорганизмов, которые могут содержаться в мелассе, наиболее опасными для производства являются микроорганизмы, быстро размножающиеся в условиях дрожжевого производства. Наиболее часто в мелассе обнаруживают следующие группы микроорганизмов: спорообразующие палочки, кислотообразующие бактерии, кокковую микрофлору, дрожжевые грибки некоторых родов, плесневые грибки и актиномицеты.

Группа спорообразующих бактерий. Особенно часто встречаются следующие виды микроорганизмов: *Bac. subtilis* (сенная палочка), *Bac. mesentericus* (картофельная палочка), *Bac. mesentericus globigii*, *Bac. mesentericus flavus*, *Bac. megatherium*.

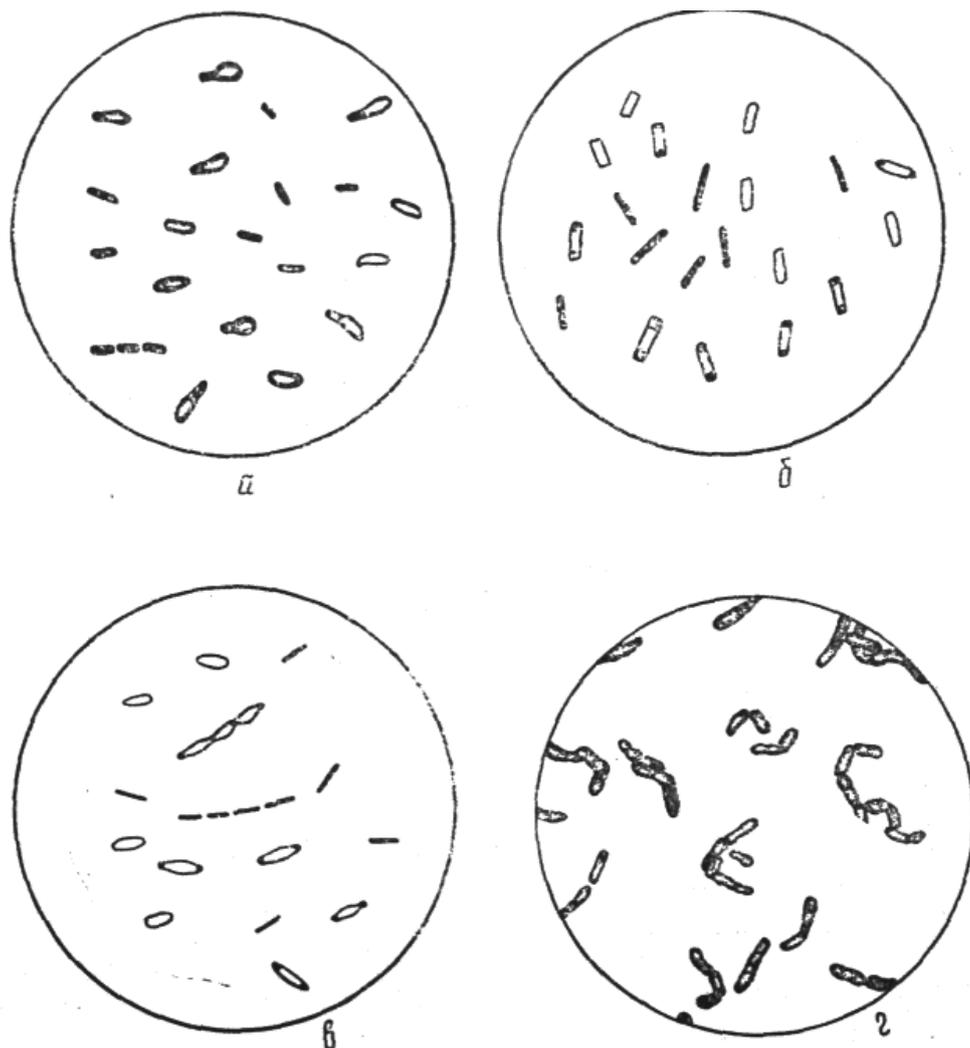
По своей морфологии и биохимическим свойствам виды *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus* и их разновидности *globigii* и *flavus* очень близки между собой. Это довольно крупные палочки различной длины, от 1,5 до 4 мкм, и размерами в поперечнике от 0,5 до 0,8 мкм, подвижные, образующие центральную спору. У видов *Bac. subtilis* споры несколько раздутые в виде бочонка, а у *Bac. mesentericus* остаются в форме палочки.

Характер роста микроорганизмов на питательных агаровых средах у *Bac. mesentericus* и *Bac. subtilis* зависит от состава среды: на солодовом сусле с мелом или без мела колонии сухие, морщинистые, беловатые, иногда сероватые с коричневым оттенком. На дрожжевой воде с сахарозой колонии микроорганизмов слизистые, беловатые иногда со слабо-желтым оттенком.

*Bac. mesentericus var. globigii* на всех сахаристых средах образует светло-желтые или белые выпуклые, слизистые колонии с пузырьками газа, так как при росте на сахаристых средах этот вид образует некоторое количество спирта и углекислоты, а также ацетон. *Bac. mesentericus flavus* на этих же средах образует выпуклые, слизистые колонии желтого цвета. *Bac. megatherium* — крупная палочка. Длина ее от 4 до 5 мкм, ширина от 1 до 2 мкм. Она подвижная, с центрально расположенными спорами.

Перечисленные выше виды бактерий способны хорошо размножаться и в осветленной мелассе в приточных чанах и вместе с дрожжами в дрожжерастильных аппаратах. Эти микроорганизмы наносят значительный ущерб производству, так как в процессе своей жизнедеятельности они не только используют сахар и другие питательные вещества среды, предназначенные для питания основной культуры дрожжей, но восстанавливают содержащиеся в мелассе нитраты (соли азотной кислоты) в нитриты (соли азотистой кислоты).

Нитриты чрезвычайно - ядовиты. Содержание их в среде даже в количестве 0,0005.% задерживает нормальное почкование дрожжевых клеток. При содержании в среде нитритов 0,004% накопление дрожжей снижается на 40—50%. Концентрация нитритов в количестве 0,02% почти полностью подавляет рост и размножение дрожжевых клеток и даже вызывает их частичную гибель [1].



**Рис. 2. Группа спорообразующих палочек: а - *Bac. mesentericus globigii*; б - *Bac. mesentericus*; в - *Bac. subtilis*; г - *Bac. megatherium*.**

Чтобы не допустить размножения нитритообразующих бактерий в приточной мелассе, применяют способ горячего осветления, подкисление среды серной кислотой до рН 3,5 — 4,0, а также быстрое использование осветленной мелассы. Но, если, несмотря на принятые меры, нитриты в дрожжерастительных аппаратах все же образуются (покраснение среды при смешивании с реактивом Грисса), это является косвенным показателем недостаточности аэрации, как только растущие дрожжи используют весь растворенный кислород бактерии вынуждены для получения необходимой энергии восстанавливать нитраты мелассы в нитриты. При обнаружении такого явления количество воздуха, подаваемого в аппарат, немедленно увеличивают. При этом нитритообразующие микроорганизмы перейдут на дыхательный обмен, т. е. начнут усваивать растворенный кислород воздуха и восстановление нитратов в нитриты прекратится.

Неспороносные гнилостные бактерии представлены многими представителями рода *Pseudomonas*, а также кишечной палочкой, протеем, микрококками. Все они снижают выход дрожжей и их качество, вызывают разложение белков дрожжей, что приводит к быстрой порче прессованных дрожжей (разжижению) и появлению неприятно пахнущих продуктов гниения (сероводорода, индола, скатола и др.).

Группа молочнокислых бактерий. В эту группу входят микроорганизмы, относящиеся к гетероферментативным молочнокислым бактериям, которые при сбраживании сахаров разлагают их с образованием молочной кислоты и ряда других продуктов: летучих кислот, этилового спирта. Чаще всего встречается широко распространенный в природе вид *Leuconostoc mesenteroides*. Этот микроорганизм попадает в мелассу из свёклы, иногда размножается в процессе сахарного производства и переходит в мелассу. Чаще его обнаруживают в виде диплококков или коротких цепочек — стрептоформ. Они неподвижны, окрашиваются по Граму положительно, как и все молочнокислые бактерии. Спор не образуют, но легко образуют капсулу.

Особенно большая капсула образуется при росте культуры на среде с сахарозой. Благодаря этому свойству микроорганизм устойчив к нагреванию, может выдержать даже непродолжительное кипячение или нагревание до 90°C.

В жидких средах, содержащих сахарозу, *Leuconostoc mesenteroides* образует декстрины и вызывает ослизнение среды, особенно интенсивное при слабо кислой или нейтральной реакции среды при pH 5,5—7,0; в подкисленной среде pH 5,0 и ниже размножения бактерий и ослизнения среды почти не наблюдается.

На среде с сахарозой эти бактерии образуют характерные слизистые, почти прозрачные, выпуклые, гладкие, довольно крупные колонии диаметром 2—4 мм, а на сусло-агаре с мелом — мелкие, полупрозрачные, слегка опалесцирующие, гладкие с зоной просветления вокруг. Этот микроорганизм обычно вызывает закисание мелассы при хранении её в хранилищах. Размножение бактерий усиливается только в тех случаях, когда меласса почему либо разбавляется водой. Например, при попадании атмосферных осадков происходит местное разбавление верхнего слоя мелассы, но этого бывает иногда достаточно, чтобы с течением времени инфицировалась вся хранящаяся меласса.

Существенным различием между этими двумя микроорганизмами является свойство *Leuconostoc agglutinans* прилипать к дрожжевым клеткам и склеивать их в комки, быстро оседающие на дно, т. е. вызывать агглютинацию дрожжей в дрожжерастильных аппаратах. Это явление чрезвычайно нежелательное, так как нарушается правильное питание дрожжевых клеток и замедляется их почкование, в результате снижается выход дрожжей, затрудняется их промывка и прессование, ухудшается товарный вид дрожжей. Однако подъемная сила дрожжей и стойкость их при хранении не изменяются.

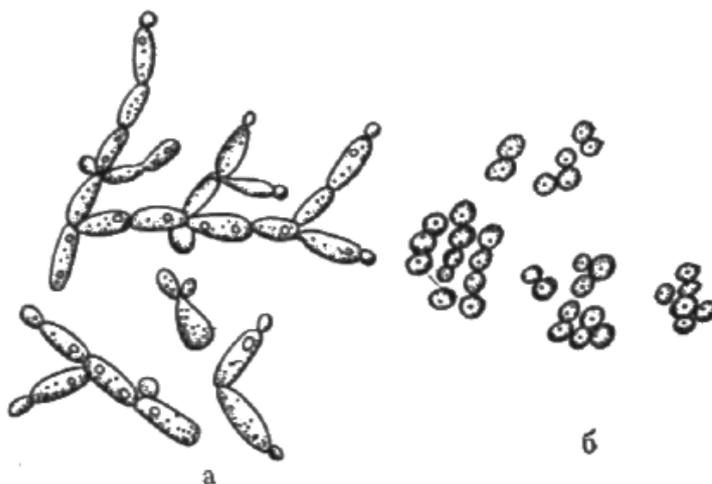
Микроорганизмы *Leuconostoc agglutinans* встречаются в мелассе очень редко и в небольшом количестве, но, прилипая к дрожжевым клеткам, размножаются в хранящихся засевных дрожжах, задерживаются в изгибах трубопроводов, размножаются там на остатках питательной среды и на разлагающихся дрожжевых клетках. Капсула увеличивает их устойчивость к дезинфектантам и к высокой температуре при пропаривании трубопроводов.

Кокковая микрофлора. Это микроорганизмы — представители родов *Micrococcus*, *Tetracoscus*, *Sarcina*. Они попадают в мелассу так же из свеклы, в процессе сахарного производства, из воздуха и воды и являются в значительной мере случайной микрофлорой, но постоянно присутствующей в мелассе. Морфология: мелкие кокки род *Micrococcus*, педиококки или тетра-кокки — род *Tetracoscus*, пакеты по восемь, шестнадцать и более клеток — род *Sarcina*. Размеры их в поперечнике от 1,2 до 2,5 мкм. Эти микроорганизмы неподвижные, грамположительные. Колонии их на агаровых средах гладкие, блестящие, с ровным краем или складчатые (у *Sarcina*), цвет — от

белого до желтого и желто-оранжевого. В хранящейся мелассе размножаются медленно и в больших количествах обнаруживаются редко.

Дрожжевые грибки. Рода *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Candida*. Они попадают в мелассу случайно, из воды, воздуха или аппаратуры и в зависимости от рода грибков могут причинить различным вред. В густой мелассе дрожжевые грибки, как и все микроорганизмы, не размножаются, однако некоторые из них сохраняются в жизнеспособном состоянии и при разбавлении мелассы водой (атмосферными осадками или паром при сливе) начинают размножаться и сбраживать сахар мелассы, превращая его в спирт и углекислоту.

Дрожжевые грибки, особенно из родов *Torulopsis* и *Candida*, попадая вместе с мелассой в дрожжерастильные аппараты, при благоприятных для них условиях аэрации и притока питательных веществ могут быстро размножаться. Скорость роста и почкования этих дрожжей в несколько раз больше, чем основной культуры пекарских дрожжей, вследствие чего может появиться опасность снижения качества готовой продукции. Поэтому мелассу, содержащую дрожжевые грибки нельзя использовать для приготовления чистой культуры маточных и засевных дрожжей [1].



**Рис. 3. Несовершенные дрожжи: а — род *Candida*; б — род *Torulopsis***

Морфология: форма клеток дрожжевых грибков очень разнообразная — круглая, овальная, продолговатая, в виде колбасок, иногда мицелиевидная. Размеры также различные: длина их от 4 до 10 мкм, ширина от 3 до 7 мкм.

На агаровых сахарных средах (сусло-агар с мелом и агаризованная дрожжевая вода с сахарозой) образуют довольно крупные колонии белого или розового цвета, слегка выпуклые, с гладкой или морщинистой поверхностью или реже плоские, матовые, при росте внутри среды колонии чечевицеобразные или треугольные, иногда разрывающие агар. В жидких сахаристых средах — солодовом сусле или дрожжевой воде с сахарозой некоторые виды дрожжей бродят сильно, другие — слабее, третьи — совсем не бродят.

### **1.3. Микрофлора воды и воздуха**

Дрожжевое производство характеризуется большим расходом воды. Вода используется для разбавления мелассы, для промывания дрожжей после их отделения от питательной среды, для мойки аппаратуры, регулирования температуры в дрожжерастильных аппаратах. Вода, сильно обсемененная микроорганизмами, может стать серьезным источником инфекции на заводе, поэтому к воде в производстве

дрожжей предъявляют те же требования, что и к питьевой. Она должна соответствовать действующему ГОСТу.

Для того чтобы обеспечить энергичное размножение и накопление биомассы хлебопекарных дрожжей, необходимо огромное количество воздуха — от 10 до 80 тыс. м<sup>3</sup>/ч (в зависимости от мощности завода). В атмосферном воздухе находится значительное количество микроорганизмов и он может стать дополнительным источником проникновения в производство посторонней микрофлоры. Поэтому воздух подвергается фильтрованию.

#### **1.4. Вторичные источники инфекции**

К вторичным источникам инфекции относятся микроорганизмы, обнаруживаемые в аппаратуре, приточной мелассе, засевных дрожжах.

Аппаратура. Для производства хлебопекарных дрожжей применяется следующее оборудование:

- дрожжерастильные аппараты емкостью от 1 м<sup>3</sup> до 150— 200 м<sup>3</sup>, в которых имеются змеевики и лестницы. Аппараты снабжены аэрационными системами, состоящими из многочисленных перфорированных с мелкими отверстиями трубочек или пластин;

- мелассовые кларификаторы, машины, состоящие из большого количества частей;

- сборники приточной мелассы и сборники для растворов солей, многочисленные трубопроводы и воздухопроводы, часто изогнутые со слепыми отростками, суживающиеся и расширяющиеся, растянутые на десятки и сотни метров.

Все это оборудование (аппаратуру) необходимо поддерживать в чистоте, в противном случае на остатках питательной среды и дрожжей, задержавшихся в изгибах трубопроводов, в аэрационной системе и других труднодоступных местах бактерии и посторонние дрожжевые грибки начинают быстро размножаться. Эта вторичная инфекция является даже более опасной и многочисленной, чем первичная инфекция, вносимая с сырьем или водой, так как здесь происходит как бы отбор микроорганизмов, хорошо размножающихся в условиях дрожжевого производства [6]

Микроорганизмы, наиболее часто попадающие из аппаратуры.

1. Посторонние дрожжевые грибки являются наиболее опасными микроорганизмами, так как примесь их снижает подъемную силу готовой продукции. *Candida Guilliermondii*. Форма клеток довольно изменчива — удлинённая или овальная, иногда вытянутая; почкование прямое или под углом; в дрожжерастильных аппаратах при сильной аэрации образуются довольно крупные сростки (веточки) почкующихся клеток. При высеве на сусло-агар *Candida guilliermondii* образует колонии диаметром от 1 до 2 мм, желтовато сероватые, слегка выпуклые, гладкие. В жидком солодовом сусле образует кольцо и осадок. Эти дрожжевые грибки сахара сбраживают слабо. Очень воздухолюбивы в условиях сильной аэрации в дрожжерастильных аппаратах быстро размножаются, часто опережая рост основной культуры сахаромисцетов. Оптимальная активная кислотность (рН) *Candida guilliermondii* 3,5—6,0. Оптимальная температура роста 28—33 °С.

У другого дрожжеподобного грибка *Candida Krusei* форма клеток еще более изменчивая — круглая, овальная; почкование прямое или иногда под углом. В дрожжерастильных аппаратах при сильной аэрации одиночные клетки иногда трудно отличить по форме от основной культуры. Изредка можно наблюдать небольшие сростки почкующихся клеток, но сцепленные непрочны и быстро рассыпающиеся. *Candida Krusei* глюкозу, мальтозу, сахарозу, галактозу почти не сбраживают, но интенсивно утилизируют для своего роста. Они чрезвычайно воздухолюбивы и очень

быстро размножаются в дрожжерастильных аппаратах, нетребовательны к составу среды. Они развиваются при рН ниже 4,0 размножаются также интенсивно; температура 35 °С.

Из одиночных клеток *Candida Krusei*, попавших тем или иным путем в дрожжерастильный аппарат, через несколько часов может размножиться такое количество их, что они начнут угнетать рост основной культуры сахаромецетов, а подъемная сила готовой продукции резко ухудшится..

2. Бактерии, попадающие из аппаратуры, не всегда являются опасными, так как условия для их быстрого размножения не особенно благоприятны: кислая реакция среды, усиленная аэрация и т. д. Однако, если они имеются в большом количестве тогда влияние бактерий становится заметным.

Наиболее часто встречаются беспоровые виды: лейконо-сток, флавобактерии, кишечная палочка, различные микрококки и др.

Приточная меласса является очень часто источником инфекции как бактериальной, так и дрожжевой. Обработанная таким образом меласса перекачивается насосами в сборники, а оттуда в приточные чаны. Разбавленная водой приточная меласса, содержащая от 18 до 40% сухих веществ, является очень хорошей питательной средой для размножения различных микроорганизмов. рН от 6,0 до 7,5, т. е. нейтральная или слабокислая реакция среды, является благоприятной для размножения бактерий, более кислая реакция (рН 3,5—4,5) задерживает их размножение. рН приточной мелассы зависит от способа ее осветления: при кислотнoхолодном и кислотнoгорячем отстойных способах рН приточной мелассы 4,0—4,5; при механическом способе осветления мелассу подкисляют серной кислотой очень, слабо или совсем не подкисляют и рН раствора может колебаться в пределах от 6,5 до-8,0. Температурные пределы размножения бактерий от 15 до 45 °С. Чаще всего в приточной мелассе размножаются бактерии из группы кислотообразующих: *Leuc. mesente-rioides* и *Leuc. agglutinans*. Бактерии из группы спорообразующих: *Vac. subtilis*, *Vac. mesentericus*, *Vac. megatherium* — денитрификаторы, восстанавливающие до нитритов нитраты мелассы; при долгом стоянии приточной мелассы (более 24 ч) на поверхности жидкости иногда может образоваться пленка из дрожжеподобных грибков *Candida Krusei*.

Инфицированная приточная меласса представляет значительную опасность, так как в результате притока такой мелассы количество посторонних микроорганизмов в дрожжерастильном аппарате увеличивается, может появиться агглютинация — склеивание дрожжевых клеток в комки, в среде появляются нитриты (иногда и то, и другое вместе), посторонние дрожжевые грибки начинают усиленно размножаться в условиях аэрации. В результате нарушается нормальное течение технологического процесса выращивания дрожжей, снижается выход и качество продукции (рис. 4).

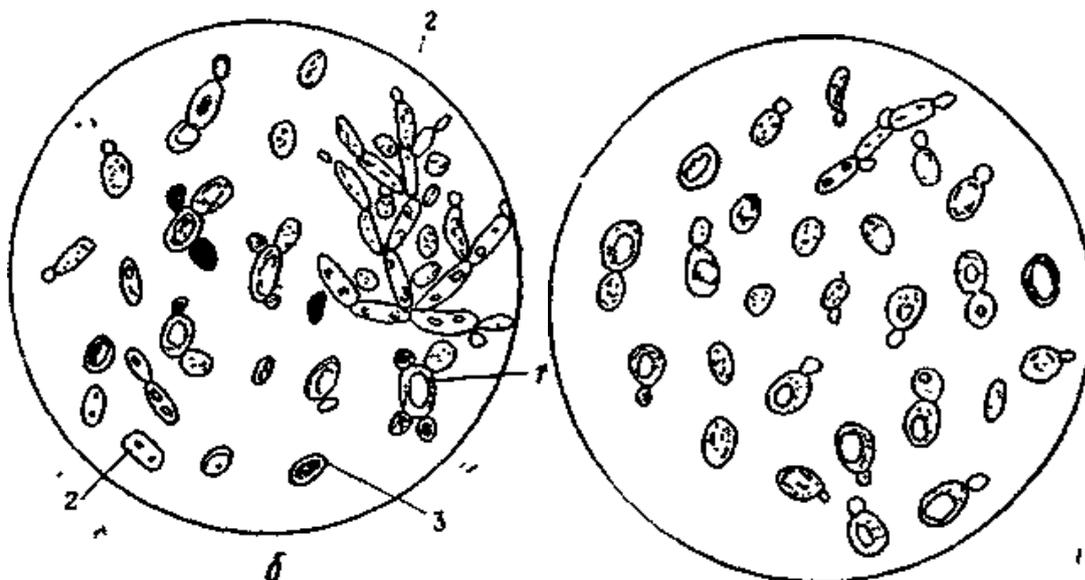


Рис. 4. Пробы содержимого дрожжерастильных аппаратов: а — нормально идущий процесс — почкование правильное, примесь посторонних дрожжей незначительная; б — неправильно идущий процесс, клетки угнетены, почкование неправильное (1), значительная примесь посторонних дрожжевых грибков (2), есть мертвые клетки, окрашенные метиленовой синью (3).

Засевные дрожжи в прессованном виде хранятся в холодильных камерах при 2—4°С в течение разных сроков: дрожжи чистой культуры до 1 месяца, а дрожжи естественной чистой культуры 3—4 суток. Засевные дрожжи, особенно дрожжи чистой культуры, не должны содержать посторонней микрофлоры. Однако часто засевные дрожжи становятся источником инфекции на заводе, особенно при удлиненных схемах выращивания дрожжей. Часто встречаются в засевных дрожжах дрожжеподобные грибки *Candida guaiarmondii* и *Candida Krusei*, причем особенно опасным является вид *Candida Krusei*. Этот, грибок, как известно, очень быстро размножается при аэрировании среды и количество клеток его сильно увеличивается и особенно быстро в стадии получения товарных дрожжей.

Бактериальная микрофлора засевных дрожжей чаще всего состоит из гетероферментативных молочнокислых бактерий *Leuconostoc mesenterioides* и *Leuconostoc agglutinans*, реже встречаются спорробразующие нитритообразователи — *Bac. subtilis* и *Bac. mesentericus*, а также *Bac. proteus vulgare*. При продолжительном хранении прессованных, дрожжей бактерии могут в них размножаться. Размножение *Leuconostoc agglutinaus* может вызвать агглютинацию — склеивание дрожжей в дрожжерастильных аппаратах [1].

### 1.5. Микробиологический контроль дрожжевого производства

Микробиологический контроль осуществляется на всех стадиях производства хлебопекарных дрожжей, начиная с контроля сырья, поступающего на переработку, и кончая готовой продукцией.

Контроль сырья. Контроль микробиологической чистоты сырья имеет очень большое значение, поскольку при инфицировании процесса от сырья будут заражены все технологические стадии и фактически вся продукция будет забракована.

Меласса. В ней определяют общее количество микроорганизмов в 1 г., качественный (видовой) состав микрофлоры с целью выявления микроорганизмов — вредителей производства и их процентное соотношение, количественный состав.

Для определения общего количества микроорганизмов в 1 г. мелассы используют агаризованное мелассное сусло (с содержанием сухого вещества (СВ) 12% с дрожжевым автолизатом (СВ 0,5—1,0%), а для отдельных групп микроорганизмов — специальные и селективные среды. Общее количество микроорганизмов в 1 г. мелассы хорошего качества не должно превышать 2000; меласса считается непригодной, если в 1 г. содержится более 20000 микроорганизмов.

Для обнаружения молочнокислых бактерий в сусло добавляют стерильный мел. Молочнокислые бактерии определяют по прозрачным зонам, образующимся в результате растворения мела вокруг мелких круглых полупрозрачных колоний за счет выделения кислот. Лейконосток образует крупные, слизистые, легко растекающиеся прозрачные колонии, напоминающие капли воды с более слабой зоной просветления.

Гнилостные бактерии определяют на молочном агаре. Гнилостные бактерии обнаруживают по зонам просветления вокруг колоний за счет разложения казеина молока протеолитическими ферментами этих бактерий.

При содержании спорообразующих гнилостных бактерий 90% от общего количества микроорганизмов ее не следует использовать в дрожжевом производстве, так как среди них возможно присутствие нитритобразующих бактерий.

Определение нитритобразующей способности у спорообразующих бактерий осуществляют с использованием реактива Грисса. При наличии нитритов в среде, в которой развиваются эти бактерии, появляется красное окрашивание.

Минеральные соли и кукурузный экстракт. Обсемененность минеральных солей микроорганизмами определяют путем микроскопирования. Допускается присутствие единичных клеток, но не в каждом поле зрения. Кукурузный экстракт контролируют микроскопированием или путем посева на питательные среды, используемые при анализе мелассы. Допускается заражение от 500 до 10000 микроорганизмов в 1 г. Более обсемененный экстракт может стать источником инфекции.

Контроль дрожжей на основных стадиях выращивания. Микробиологическому контролю подлежат дрожжи на всех стадиях размножения. В исходной чистой двухсуточной культуре перед ее разведением определяют: однородность дрожжевых клеток путем микроскопирования — все клетки должны быть одной применяемой расы дрожжей; чистоту культуры путем посева на плотную среду — посторонних дрожжей и бактерий не должно быть; ферментативную активность (зимазную и мальтазную) — она должна соответствовать показателям применяемой расы дрожжей.

На всех стадиях выращивания дрожжей (стадия ЧК, стадия ЕЧК и стадия товарных дрожжей) каждый час отбирают пробы и микроскопируют их (в 10 полях зрения). При этом отмечают количество почкующихся клеток (в %), правильность почкования, наличие мелких клеток, содержание мертвых клеток (%), присутствие посторонних дрожжей и бактерий. Количество почкующихся клеток колеблется от 10 до 80% в зависимости от момента взятия пробы. Количество мертвых клеток не должно превышать нескольких долей процента. Бактерии в посторонние дрожжи — несакхаромицеты должны отсутствовать. Их не всегда удается обнаружить микроскопированием, поэтому проводят посев проб на две питательные среды: с антибиотиком нистатином, который подавляет рост дрожжей и позволяет выявить бактерии, и с ацетатом, на котором появление пленки или помутнение среды через 1—2

сут. указывает на наличие дрожжей-несахаромицетов (сахаромицеты на этой среде не размножаются).

Наличие посторонней микрофлоры свидетельствует о неудовлетворительном качестве дрожжей ЧК и ЕЧК и их непригодности для использования в качестве засевных при работе по удлиненным схемам. Появление пленки на поверхности среды или помутнение через 5 сут. и более дает основание считать, что культура чистая, не содержит посторонних дрожжей. Если пленка образовалась через 3—4 сут, то дрожжи ЧК и ЕЧК удовлетворительные.

В прессованных дрожжах ЧК и ЕЧК определяют: содержание влаги, кислотность (рН), зимазную и мальтазную активность, подъемную силу, ос нечувствительность.

Контроль готовой продукции. Прессованные дрожжи микроскопируют для оценки их качества по величине и однородности клеток сахаромицетов и с целью выявления посторонней микрофлоры. В случае резкого ухудшения подъемной силы или стойкости готовой продукции определяют степень ее общей обсеменённости и присутствие микроорганизмов — вредителей производства. Для этого производят посев пробы прессованных дрожжей на среды, используемые при контроле мелассы, и на сусло-агар для учета дрожжей-сахаромицетов.

Общее количество выросших колоний сахаромицетов принимают за 100% и затем рассчитывают процентное содержание посторонних микроорганизмов (кислотообразующих бактерий — лейконостока и молочнокислых палочек, гнилостных бактерий и несовершенных дрожжей). В доброкачественных прессованных дрожжах допускается присутствие кислотообразующих бактерий не более 15—35%, гнилостных бактерий быть не должно, посторонних дрожжей — не более 30%. [6]

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Что характеризует мальтазная активность?
- 2) Что входит в микрофлору мелассы?
- 3) Какие вторичные источники инфекции в дрожжевом производстве?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная

1. **Клунова, С.М.** Биотехнология/ С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.

#### Дополнительная

1. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
2. Журналы: «Пищевая промышленность», «Биотехнология».

## Лекция 2

### СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

#### 2.1. Основное сырье

В дрожжевом производстве основным видом сырья служит меласса -отход сахарного производства.

Химический состав мелассы. В мелассе содержатся 75-82 % сухих веществ. Главной составной частью сухих веществ мелассы является сахароза, содержание которой примерно 46-52 % по массе мелассы. В небольших количествах содержится инвертный сахар (0,5-2 %), и раффиноза (0,5-3,0 %) Доброкачественность мелассы колеблется от 55 до 62 %.

Доброкачественность - отношение содержания сахара к общему содержанию сухих веществ, выраженное в процентах. Различают истинную и видимую доброкачественность.

Под истинной доброкачественностью понимается отношение величины содержания сахара к истинному содержанию сухих веществ, умноженное на 100. Под видимой доброкачественностью понимают отношение содержания сахара к видимому содержанию сухих веществ, умноженное на 100. Истинное содержание сухих веществ — весь сухой остаток, получающийся после удаления влаги из мелассы высушиванием. Видимое содержание сухих веществ - содержание, определенное по относительной плотности (устанавливается рефрактометрически).

Сахарозу и инвертный сахар дрожжи сбраживают полностью, а раффинозу на 1/3. Кроме сахаров в мелассе содержится азот (около 2 %), который на 1/3 представлен биотином, который дрожжами усваивается всего лишь на 5 %. Хорошо дрожжами усваиваются аминокислоты: аспарагиновая, глутаминовая, лейцин, изолейцин, тирозин, амиды-аспарагин и глутамин. Их количество составляет 0,4-0,5 %. Имеются также вредные для дрожжей химические соединения: продукты карамелизации и гумификации, а в особенности нитраты, фурфурол, соли муравьиной, масляной и щавелевой кислот.

Технологические требования к качеству мелассы. Нормальная меласса должна содержать:

- сухих веществ не менее 75 %;
- сумму сбраживаемых веществ не менее 45 %;
- общего азота не менее 1,3 %;
- инвертного сахара не более 0,5 %;
- рН выше 6,8;
- цветность по (ФЭК) не более 40 % к светопропусканию воды;
- инфицированность по нарастанию кислотности в пробе на "самосбраживание" через 24 часа не более 0,3 °С [6].

Приведенные показатели мелассы взаимосвязаны, и отклонение каждого из них указывает на ее дефектность (технологическую неполноценность). Схема приготовления питательной среды включает в себя приготовление растворов питательных солей, стимуляторов роста, регулирование рН, осветление и разбавление мелассы (см. рис 5).



**Рис.5. Технологическая схема приготовления питательной среды для выращивания хлебопекарных дрожжей**

Приготовление меласного сула. Приготовление меласного сула заключается в разбавлении его водой до заданной концентрации, очистке (осветлении) и стерилизации (при необходимости). В мелассе содержится около 0,3-0,5 % коллоидов и взвешенных частиц, которые могут адсорбироваться на оболочках растущих клеток и препятствовать нормальному массообмену веществ и тормозят рост дрожжей. Поэтому мелассу осветляют, чтобы удалить коллоиды и взвешенные частицы и подавить развитие содержащихся в ней микроорганизмов. Осветляется меласса путем центрифугирования на специальных центрифугах (кларификаторах). Осветление проводят двумя способами: холодным и горячим.

Ростовые вещества (биотин). Для нормального развития дрожжей обязательно требуется наличие в среде веществ, стимулирующих накопление биомассы (биотина, инозита и пантотеновой кислоты). Все эти ростовые вещества содержатся в свекловичной мелассе в следующих количествах (мкг/кг): инозит 5 770 000—8 000 000, пантотеновая кислота 50 000—110 000, биотин 40—140. При этом количество инозита и пантотеновой кислоты обычно соответствует или несколько превышает то количество, которое необходимо для быстрого накопления биомассы с высоким выходом готовой продукции на единицу сырья. Содержание же биотина даже в мелассах хорошего качества обычно не достигает требуемой нормы (200—250 мкг/кг). Поэтому при оценке пригодности свекловичной мелассы содержание биотина является очень важным показателем.

Содержание биотина в мелассе, поступающей на дрожжевые заводы, колеблется в широких пределах - от 40-140 мкг/кг и в среднем составляет 83 мкг/кг, причем партии мелассы с более высоким содержанием биотина (115-140 мкг/кг) встречаются редко. Таким образом, по содержанию биотина свекловичная меласса не удовлетворяет требованиям современного дрожжевого производства.

Дрожжи, выращенные на средах с недостатком биотина, обладают слабой ферментной системой, и поэтому их рост замедляется. Дрожжи, богатые биотином, подготовлены к быстрому размножению, так как биотин облегчает усвоение ими

неорганического азота из среды и этим содействует образованию белковых веществ в дрожжевой клетке. Такие дрожжи содержат готовые ферментные системы, активной группой которых является биотин.

Зольные вещества (калий). Нормализация состава мелассы в результате добавления различных источников биотина вызывает значительное ускорение роста дрожжей. Однако при переработке некоторых партий мелассы наблюдается понижение стойкости готовой продукции, что происходит от недостаточного содержания калия в мелассе. При этом питание нарушается - в дрожжевую клетку в процессе роста не поступают зольные элементы. А между тем в составе золы дрожжевой клетки калия содержится 23—40%.

Калий может находиться в мелассе не только в свободном, но и в связанном состоянии, поэтому он не весь участвует в обменных реакциях при выращивании дрожжей.

Присутствие ионов калия в мелассной среде требуется для проявления активности многих ферментов, которые участвуют в окислительно-восстановительных реакциях и принимают активное участие в процессе роста и размножения дрожжей.

Из практики работы дрожжевых заводов известно, что на мелассах с низким содержанием калия рост и размножение дрожжевых клеток отклоняется от нормы: замедляются новообразования клеток, появляются дрожжевые клетки с двумя-тремя почками. При этом понижается выработка дрожжей и в конечном итоге сокращается их выход.

## **2.2. Вспомогательные материалы**

В культуральную среду для активного роста дрожжей необходимо добавлять азот, фосфор, калий, магний, ростовые вещества, а также питьевую воду и воздух.

Серная кислота  $H_2SO_4$  применяется для подкрепления мелассного раствора при осветлении, для регулирования pH культуральной среды в процессе выращивания дрожжей и для очистки от бактериальной инфекции засевных дрожжей. В дрожжевом производстве применяют серную кислоту техническую контактную улучшенную (ГОСТ 2184—67) и аккумуляторную (ГОСТ 667—73) с содержанием моногидрата 92,5—94,0%, мышьяка не более 0,0001%.

Пеногасители применяются для гашения пены, которая образуется в процессе выращивания дрожжей в дрожжерастильных аппаратах. В дрожжевом производстве обычно для гашения пены применяют техническую олеиновую кислоту марок А и Б (ГОСТ 7580—55), которая содержит не менее 95% жирных кислот в безводном продукте, не более 0,5% влаги и имеет температуру застывания не более 10—16°C.

Дезинфицирующие вещества: хлорная известь, натр едкий технический, сода кальцинированная, формалин, молочная кислота, кислота борная, перекись водорода, фурацилин, сульфанол и т.д.

Борная кислота  $H_3BO_3$  в виде бесцветных блестящих кристаллов или кристаллического порошка белого цвета, полностью растворимых в воде, содержит не менее 99,0—99,8% борной кислоты (ГОСТ 9656—75). Применяется вместе с молочной кислотой для обработки засевных дрожжей и для подавления микрофлоры мелассного раствора, так как смесь указанных кислот обладает большей антибактериальной активностью, чем при использовании каждой кислоты в отдельности [4].

Перекись водорода (водный раствор  $H_2O_2$ ) - бесцветная прозрачная жидкость с содержанием 27,5—40% перекиси водорода (ГОСТ 177—71). Обладает

антибактериальной активностью и применяется для подавления роста бактерий в засевных дрожжах.

Воздух. В дрожжевом производстве для аэрации бродящей жидкости используется большое количество воздуха, который может содержать значительное количество микроорганизмов (до нескольких тысяч в 1 м<sup>3</sup>). В связи с этим забор воздуха должен производиться выше конька крыши завода. Воздух необходимо очищать фильтрами и охлаждать. Недостаточная очистка воздуха, подаваемого на производство, может явиться причиной увеличения численности бактерий в культуральной жидкости.

Воздух производственных помещений, обычно обсемененный бактериями и дрожжевыми клетками, служит причиной попадания микроорганизмов в производственные среды и готовую продукцию.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое доброкачественность мелассы?
- 2) Какие технологические требования к мелассе?
- 3) Что используют в качестве пеногасителей в дрожжевом производстве?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная

1. **Клунова, С.М.** Биотехнология/ С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.

#### Дополнительная

1. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
2. Журналы: «Пищевая промышленность», «Биотехнология».

## Лекция 3

### ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД

#### 3.1. Приготовление раствора мелассы

Процесс приготовления раствора мелассы состоит из разбавления и осветления ее. Осветляют мелассу с целью удаления грубых взвешенных частиц, коллоидов, микроорганизмов и других примесей.

Существует несколько способов осветления мелассы в дрожжевом производстве. Выбор того или иного способа обычно обусловлен устройством подготовительного отделения.

**Механический способ.** В настоящее время на большинстве дрожжевых заводов мелассу осветляют с помощью кларификаторов, где взвешенные частицы отделяются под действием центробежной силы. Указанный способ осветления позволяет экономить мелассу, вспомогательные материалы, пар, кроме того, сокращается время на осветление.

Перед пуском на кларификатор мелассу взвешивают и разбавляют водой до определенной концентрации (кратность разбавления 1—3), добавляют хлорную известь из расчета 2—3 кг (при содержании 33% активного хлора) на 1 т ее. После перемешивания раствора с хлорной известью дают получасовую «хлорную выдержку», затем добавляют серную кислоту до получения рН 4,5 — 5,0 и направляют на кларификатор.

На некоторых предприятиях применяют стерилизацию мелассы. При этом ее разбавляют горячей водой температурой 80—90°C и направляют в стерилизатор. Стерилизацию проводят при температуре 105—125°C в течении 15 — 60 с, после раствор мелассы охлаждают до 80-85°C и подают на кларификатор.

**Отстойный кислотохолодный способ.** Этот способ применяют на дрожжевых производствах небольших мощностей (5-10 т/сут) и при отсутствии кларификаторов. В заторный чан набирают воду и мелассу (на 1 т мелассы около 0,75 м<sup>3</sup> воды). После размешивания в аппарат засыпают хлорную известь из расчета 0,6-0,9кг активного хлора, затем размешивают еще 30 мин и оставляют затор в состоянии покоя в течение 30 мин. За это время микробы - вредители дрожжевого производства - под действием хлора становятся неактивными и постепенно гибнут.

После выдержки включают мешалку, добавляют серную кислоту до получения рН 5,0, размешивают 30 мин и добавляют воду до содержания сухих веществ в мелассе 20-40% (в зависимости от принятой на заводе концентрации) и дают затору отстояться в течение 10-12 часов (пока меласса не станет прозрачной).

Дозировка раствора мелассы осуществляется по программе с помощью автоматических устройств или вручную.

При осветлении мелассы отстойным кислотохолодным способом потери мелассы составляют 1,8-1,4% от исходного объема.

Для снижения потерь мелассы при осветлении в дрожжевом производстве в основном перешли с отстойного метода на механический (с помощью кларификаторов), что снижает потери ее до 0,14% [1].

### 3.2 Технологические режимы переработки мелассы различного качества

Современная технология производства дрожжей предъявляет к составу мелассы требования, обусловленные необходимостью повысить выход дрожжей в товарной стадии до 80—90% в расчете на сырье и максимально увеличить выработку дрожжей с каждой линии дрожжерастильных аппаратов.

Содержание сахаров в мелассах колеблется в широких пределах, однако при выборе схем переработки принимают во внимание мелассу, содержащую 46% сахаров.

В мелассе с повышенным содержанием углеводов (более 50%) мало необходимых для построения дрожжевых клеток несугаров: золы, азота и биотина. В связи с этим значительно понижается отношение массы перечисленных веществ к массе сахаров, и избыток сахара расходуется не на накопление биомассы, а сбрасывается с образованием спирта.

Нормализация состава неполноценной мелассы

При переработке меласс, содержащих недостаточное количество азотистых, ростовых и зольных веществ, необходимо добавлять недостающие компоненты. Нормализация состава питательной среды приводит к стабилизации выхода дрожжей, и к улучшению качества готовой продукции.

При выращивании дрожжей по периодическим схемам питательную среду нормализуют путем добавления источников биотина (кукурузного экстракта или дестпобиотина), калийных и магниевых солей в начале процесса выращивания. Полноценный кукурузный экстракт подают из расчета 6%, а калийные соли из расчета 3,5% калия в мелассе, содержащей 46% сахара.

Нормализация питательной среды при выращивании дрожжей по непрерывной (например, суточной) схеме осуществляется следующим образом: кукурузный экстракт подают во время загрузки (складки) дрожжерастильного аппарата из расчета 6%, а калийные соли 3,5% (K<sub>2</sub>O) к мелассе, расходуемой в накопительном периоде. Второй раз кукурузный экстракт и калийные соли добавляют в начале периода оттока среды из расчета на мелассу, перерабатываемую в течение 6 ч. В дальнейшем недостающие ингредиенты добавляют по истечении 6 ч оттока среды из расчета на мелассу, перерабатываемую в течение следующих 6 ч.

### 3.3. Выращивание дрожжей на сульфитных щелоках

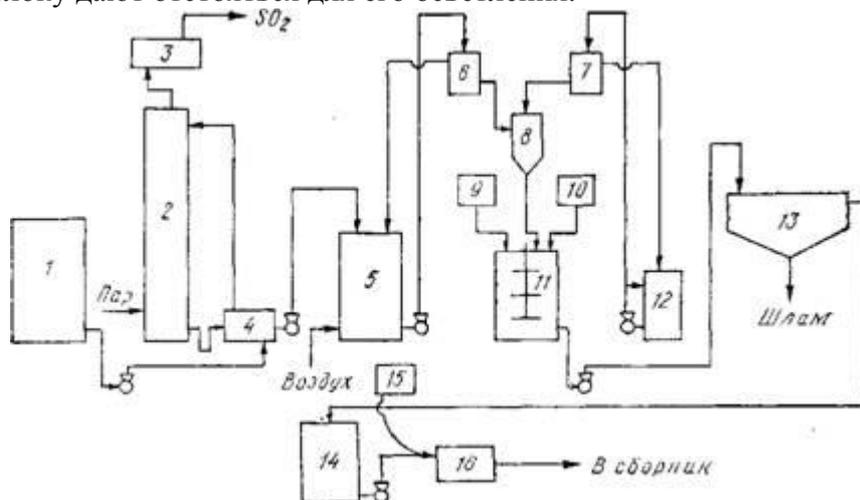
Отделяемый после варки от волокна сульфитный щелок содержит 90—100 кг/м<sup>3</sup> органических веществ. Из них около половины составляют лигносульфоновые кислоты, 25—35 % редуцирующие вещества (РВ), т. е. сумма сахаров и других веществ, имеющих карбонильную группу. В составе РВ примерно 80—85 % различных сахаров, образовавшихся при варке вследствие гидролиза гемицеллюлоз и части целлюлозы. Активная кислотность щелока (рН) составляет 1—1,5. В щелоке содержится растворенный сернистый ангидрид, а также соли сернистой кислоты (моносльфит и бисульфит), небольшое количество уксусной кислоты, фурфурола и других соединений [6].

**Подготовка щелока.** Схема подготовки щелока к биохимической переработке показана на рис. 6. Для удаления сернистого ангидрида, фурфурола и других летучих соединений щелок продувают острым паром в колонном аппарате. Если при варке применялась варочная кислота с растворимыми основаниями, то щелок дополнительно продувают воздухом с целью окисления сульфитов до растворимых сульфатов, не влияющих на ход биохимических процессов.

При сульфитной и бисульфитной варке целлюлозы высокого выхода и полуцеллюлозы в состав РВ в значительном количестве входят олигосахариды —

промежуточные продукты гидролиза полисахаридов. Для превращения их в моносахариды (инверсии) к щелоку добавляют серную кислоту и кипятят его или же нагревают до 130 °С под повышенным давлением. Концентрация серной кислоты в щелоке в первом случае 0,3—0,5 %, во втором 0,1—0,2 %.

Далее щелок нейтрализуют обычно в две ступени. Сначала ведут частичную нейтрализацию известковым молоком и добавляют соли, содержащие азот, фосфор и калий, необходимые для минерального питания дрожжей (сульфат аммония, диаммонийфосфат, водную вытяжку из суперфосфата, хлористый калий), потом щелоку дают отстояться для его осветления.

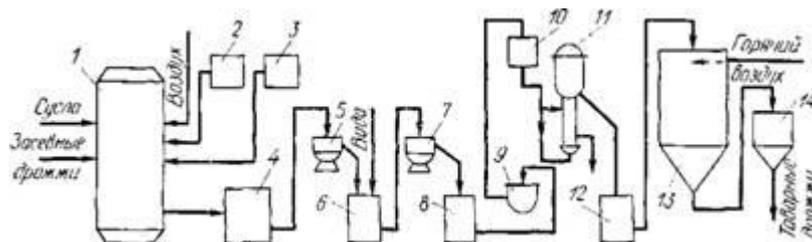


**Рис. 6. Схема подготовки щелока к биохимической переработке:** 1— сборник сырого щелока; 2 — колонна для продувки щелока паром; 3— конденсатор парогазовой смеси; 4 — теплообменник; 5 — окислитель; 6, 7 — бачки постоянного уровня; 8 — нейтрализатор; 9, 10 — дозаторы питательных солей; 11 — смеситель; 12 — Сборник известкового молока; 13 — отстойник; 14 — сборник осветленного щелока; 15 — дозатор аммиачной воды; 16 — теплообменник

На второй ступени осветленный щелок нейтрализуют аммиачной водой до pH 4—5,5, тем самым вводя в него дополнительное количество азота. Общее количество азота должно составить около 5 %, фосфора (в расчете на  $P_2O_5$ ) около 2,5 % и калия около 1,5 % от РВ. Затем щелок охлаждают до 35—37 °С. Подготовленный щелок называют субстратом или суслом, его направляют на биохимическую переработку.

На некоторых заводах дрожжи выращивают непосредственно на сусле, минуя стадию получения этилового спирта. В этом случае на получение дрожжей расходуются все сахара, и пентозные и гексозные, вследствие чего выход дрожжей увеличивается в 3 раза и более. В частности, так поступают при переработке щелоков, получающихся при варке листовенной целлюлозы и хвойной целлюлозы высокого выхода, поскольку такие щелоки содержат мало гексозных Сахаров.

**Дрожжевое производство.** В основе дрожжевого производства лежит контролируемое размножение одноклеточных микроорганизмов— дрожжей (дрожжеподобных грибов) с целью накопления их биомассы. Обычно используют дрожжи рода кандиды (*Candida*), преимущественно вида кандиды скоттии.

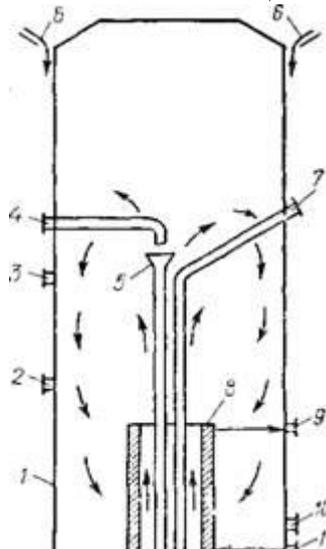


**Рис. 7. Схема производства дрожжей:**

1 — дрожжерастильный аппарат; 2 — дозатор аммиачной воды; 3 — дозатор питательных солей; 4 — флотатор; 5, 7 — сепараторы; 6 — промывной аппарат; 8 — сборник; 9 — плазмолизатор; 10 — сборник плазмолизата; 11 — вакуум-выпарная установка; 12 — Сборник упаренного плазмолизата; 13 — распылительная сушилка; 14 — бункер

Для своего размножения и роста дрожжи нуждаются в углероде, кислороде, азоте, фосфоре, калии. Источником углерода являются моносахариды, а также некоторые органические кислоты, в частности уксусная. Кислород поступает с воздухом, а источником остальных элементов являются минеральные соли, введенные в щелок при его подготовке.

В дрожжевом производстве все процессы непрерывные. Схема этого производства показана на рис. 7. Выращивание дрожжей производят, как правило, в стальных дрожжерастильных аппаратах (инокуляторах) с эрлифтным воздухораспределением вместимостью чаще всего 600 м<sup>3</sup> (рис. 8).



13

В период пуска аппарата в него подают специально подготовленные засевные дрожжи. Для их получения берут чистую культуру дрожжей (т. е. не содержащую посторонних примесей, например клеток других микроорганизмов), которую выращивают в стерильных условиях сначала в лаборатории, а затем в отделении чистой культуры на производстве. Воздух поступает в дрожжерастильный аппарат по трубе, на нижнем конце которой закреплена кювета.

**Рис. 8. Дрожжерастильный аппарат:**

1 — корпус; 2 — штуцер для ввода аммиачной воды; 3 — ввод засеянных дрожжей; 4 — ввод сусла; 5 — воронка; 6, 11 — ввод охлаждающей ВОДЫ; 7 — ввод воздуха; 8 — диффузор; 9, 12 — вывод нагретой воды; 10 — вывод дрожжевой суспензии; 13 — кювета

Сусло вытекает из трубы в кювету, разливается по ней и переливается через ее край. Воздух выходит через узкую (высотой 25 мм) кольцевую щель между кюветой и дном аппарата со скоростью 20 м/с, захватывает сусло и эмульгирует его. Пена вместе с избытком воздуха поднимается сквозь диффузор (полый стальной цилиндр с двойными стенками), заполняет весь аппарат, гасится под действием собственной тяжести, опускается вниз по периферии аппарата и снова поднимается через диффузор. Таким образом осуществляется непрерывная циркуляция содержимого аппарата без применения механических перемешивающих устройств. При необходимости в аппарат подают аммиачную воду для поддержания оптимальной величины рН среды. После того, как установятся нормальные параметры процесса, подачу засеянных дрожжей прекращают.

Дрожжи растут в пене при обильном снабжении кислородом из мелких пузырьков воздуха. На каждый килограмм абсолютно сухого вещества выращенных дрожжей

приходится подавать в аппарат 20—40 м<sup>3</sup> воздуха; при недостатке воздуха показатели процесса резко ухудшаются. Оптимальная температура среды при выращивании дрожжей 37—38 °С. В результате жизнедеятельности дрожжей выделяется тепло, которое необходимо отводить, иначе температура повысится и дрожжи погибнут. Для отвода тепла аппарат охлаждают водой снаружи, а диффузор — изнутри, через пространство между его стенками. Избыток дрожжей непрерывно выводят из аппарата в виде дрожжевой суспензии. Время роста дрожжей 3—5 ч. Это означает, что содержимое аппарата каждый час обновляется на 1/3—1/6 часть.

В циркулирующих дрожжах постепенно появляются посторонние микроорганизмы, что существенно снижает накопление биомассы и ухудшает качество дрожжей. Поэтому время от времени в дрожжерастильный аппарат добавляют такие же засевные дрожжи, какие были использованы в пусковой период [4].

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое доброкачественность мелассы?
- 2) Какие технологические требования к мелассе?
- 3) Что используют в качестве пеногасителей в дрожжевом производстве?
- 4) В чем заключается подготовка сульфитного щелока?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная

1. **Клунова, С.М.** Биотехнология/ С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.

#### Дополнительная

1. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
2. Журналы: «Пищевая промышленность», «Биотехнология».

## Лекция 4

### ПОЛУЧЕНИЕ МАТОЧНЫХ И ЗАДАТОЧНЫХ ДРОЖЖЕЙ

#### 4.1. Схема получения маточных дрожжей по режиму ВНИИХПа

Питательные среды. Дрожжи чистой и естественно чистой культуры должны обладать высокой энергией размножения, поэтому для их выращивания используют питательные среды, богатые органическим азотом, ростовыми и минеральными веществами и микроэлементами. К числу таких питательных сред относится солодовое сусло, поэтому оно и является основой питательной средой, используемой для размножения дрожжей в лабораторных стадиях. В лаборатории завода дрожжи получают в четыре стадии.

В первых трех лабораторных стадиях дрожжи выращивают на витаминизированной среде, которую готовят следующим образом. К 2000 мл солодового сусла с концентрацией 16—18% СВ добавляют 450 мл томатного или морковного сока, 50 г глюкозы, 50 г мальтозы и 50 мл автолизата дрожжей (2%). Общую концентрацию среды доводят водой до 12-14% СВ, а рН до 4,8—5,0.

Вместо солодового сусла для приготовления питательной среды можно использовать солодовый экстракт. Томатный или морковный сок можно заменить виноградным, однако при этом глюкозу не добавляют, так как в этом соке она содержится в достаточном количестве для размножения дрожжей.

Питательную среду разливают в стерильную посуду: в четыре пробирки по 5 мл витаминизированного сусла, в четыре маленькие колбы — по 50 мл, в четыре большие колбы—по 500 мл. Среду стерилизуют в автоклаве в соответствии с общими правилами микробиологической техники (0,05 МПа в течение 30 мин). Среду, которая не содержит сахаров (например, дрожжевую воду), стерилизуют при давлении 0,1 МПа в течение 60 мин.

Простерилизованную среду проверяют на стерильность, для чего помещают ее в термостат при температуре 30°C на 72 ч. Ее считают стерильной и используют для получения ЧК в том случае, если она за это время не помутнеет. Стеклянную посуду и фильтры стерилизуют сухим паром в сушильном шкафу при 160 С в течение 60 мин.

В последней лабораторной стадии дрожжи выращивают на смешанной среде. Для ее приготовления берут 10 л солодового сусла или витаминизированной среды плотностью 12—14% СВ, добавляют 5 л раствора мелассы, содержащей 30—32 СВ, 25 г диаммонийфосфата и 5 л воды. Среду разливают по 7 л в две колбы. Карлсберга и стерилизуют в автоклаве при 0,05 МПа в течение 6,0 мин.

В цехе чистых культур и в производственной стадии дрожжи ЧК и ЕЧК выращивают на растворе мелассы с добавлением азотного и фосфорного питания, ростовых веществ и минеральных солей.

Выращивание дрожжей ЧК в лабораторных условиях. Размножение чистой культуры начинают из чистой культуры дрожжей, получаемой в пробирках из ВНИИХПа, или из музейной культуры дрожжевого завода. Дрожжи ЧК можно также получать из сушеных дрожжей, что в настоящее время имеет место на ряде отечественных заводов, выпускающих сушеные дрожжи.

Выращивание дрожжей в цехе ЧК. Осуществляют его в три следующие стадии - стадия малого инокулятора (МИН), стадия большого инокулятора (БИН), стадия ЧК-1.

Объемы этих аппаратов от стадии к стадии увеличиваются, возрастает и количество дрожжевой массы.

Все стадии цеха ЧК являются бесприточными, т. е. все питательные вещества и воду подают в начале процесса выращивания (при загрузке).

Выращивание дрожжей ЧК в производстве (стадия ЧК-II). В отличие от предыдущих стадий в производстве дрожжи выращивают по воздушно-приточному способу. Основные питательные вещества (раствор мелассы, азот, фосфорсодержащие соли) и воду в аппарат подают непрерывно, а ростовые и минеральные вещества (хлористый калий, сернокислый магний и др.) - во время загрузки аппарата. Эта стадия обычно проходит в аппарате общим объемом 30 или 50 м<sup>3</sup>. Активную кислотность (рН) регулируют при помощи раствора аммиака, подаваемого взамен сернокислого аммония в равноценном по азоту количестве, поддерживая ее в пределах 4,5—5,0.[4]

#### **4.2.Получение задаточных дрожжей**

Получение дрожжей ЕЧК. Дрожжи чистой культуры служат засевным материалом для выращивания дрожжей естественно-чистой культуры.

Раньше дрожжи ЕЧК получали в три стадии, из которых две первые вели по бесприточному режиму, а последнюю - по воздушно-приточному. В настоящее время рекомендован более перспективный способ получения дрожжей ЕЧК в две стадии. Этот способ имеет ряд преимуществ по сравнению с прежним. При этом способе сокращается длительность цикла, снижается вероятность инфицирования культуры, сокращается количество рабочих, высвобождаются емкости, улучшается качество культуры (ее ферментативная и генеративная активность, а также стойкость к хранению).

При современном двухстадийном получении дрожжей на первой стадии их выращивают в цехе ЧК по бесприточному режиму, на второй - в производственном отделении по воздушно-приточному способу.

Стадия ЕЧК-1. Известно, что выращивание дрожжей на инфицированной культуре понижает экономический эффект использования сырья и качество готовой продукции. Для очистки засеваемых в дрожжерастильный аппарат дрожжей от бактериальной инфекции маточные дрожжи подвергают кислотной обработке серной или молочной кислотой. Кислотную обработку производят в специальной емкости, снабженной мешалкой, куда помещают 100 л дрожжевого молока (50 кг дрожжей с 25% СВ) и при непрерывной работе мешалки добавляют либо 0,6—1,0 л предварительно разведенной (1:4) концентрированной серной кислоты (плотность 1,84), чтобы кислотная баня составляла 25—30%, либо 2,5 л 40%-ной молочной кислоты. Среду выдерживают в течение 40—60 мин при непрерывном перемешивании, после чего засевают в дрожжерастильный аппарат, который предварительно был загружен питательной средой.

В аппарат вместимостью 7,5 м<sup>3</sup> при загрузке набирают около 4 м<sup>3</sup> воды и добавляют 600 кг стерильной мелассы в виде раствора плотностью 35—40% СВ; 8,3 кг сернокислого аммония; 4,3 кг диаммонийфосфата; 1,5 кг хлористого калия; 0,5 кг сернокислого магния и 0,12 г дестиобиотина. Содержимое аппарата хорошо перемешивают, добавляют воду с таким расчетом, чтобы после засева дрожжей начальная плотность культуральной среды составила 10% СВ, а объем 5,6 м<sup>3</sup>.

Процесс выращивания ведут при температуре 28—30°С, рН 4,5—5,0 и постоянной аэрации (30 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>3</sup> среды) до сбраживания культуральной среды до плотности 3,0—3,5% СВ. В результате получают 230 кг дрожжей, которые служат засевным материалом второй стадии.

Стадия ЕЧКII. Ее проводят в аппарате вместимостью 30 или 50 м<sup>3</sup> при температуре 28—30°С; рН среды поддерживают на уровне 4,5 и регулируют при помощи раствора аммиака, подаваемого вместо сернокислового аммония. В течение всего процесса среду аэрируют воздухом.

#### 4.2 Выделение и хранение маточных дрожжей

Дрожжи ЧК по окончании дозревания направляют на сепарирование. Выделение дрожжей проводят на отдельных сепараторах по двухступенчатой схеме. Отсепарированные на первом сепараторе дрожжи непрерывно без задержки передают на второй сепаратор для сгущения. Холодную воду для промывания дрожжей подают в промежуточный сборник

#### Вопросы для самоконтроля

- 1) Как готовят витаминизированную питательную среду для выращивания дрожжей?
- 2) Какой перспективный способ выращивания задаточных дрожжей?
- 3) На каком оборудовании выделяют дрожжи?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная

1. **Клунова, С.М.** Биотехнология/ С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.

##### Дополнительная

1. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
2. Журналы: «Пищевая промышленность», «Биотехнология».

## Лекция 5

### СУШКА ДРОЖЖЕЙ

#### 5.1. Особенности сушки дрожжей

В самом процессе прессования дрожжей требуется максимальный эффект обезвоживания, поэтому в промышленном производстве сушеных дрожжей используют фильтрпрессы. При наличии же вакуум-фильтров, в случае технологии выращивания на разбавленных средах, проводится дополнительная обработка дрожжевого молока 20 % раствором поваренной соли. Расход NaCl при содержании дрожжей 300-650 г/л составит соответственно 130-80 л/м<sup>3</sup>. Впоследствии для удаления соли дрожжи на вакуум-фильтре промываются водой из форсунок.

Для ускорения процесса влагоудаления отпрессованные дрожжи отправляются на стадию измельчения. Специальные грануляторы, формовочные машины или же гидравлические прессы превращают продукцию либо в вермишель, либо в гранулы диаметром 1 мм. При формовании нельзя допускать повышения температуры дрожжевых нитей, а после измельчения следует немедленно подавать готовое сырье на высушивание, дабы избежать потерь сухого вещества, расходуемого на дыхание.

Производство сушеных дрожжей должно обеспечивать их качество, а также способность длительно сохранять ферментативную активность (без которой дальнейшее использование будет уже невозможно) тем выше, чем быстрее осуществляется высушивание. Интенсивность сушки, в свою очередь, возрастает:

- с увеличением площади соприкосновения сушильного агента и высушиваемого материала (что обуславливает необходимость предварительного измельчения);
- с повышением температуры теплоносителя;
- с понижением влажности теплоносителя;
- с увеличением скорости движения теплового потока [6].

#### 5.2. Режимы сушки дрожжей

Влага, содержащаяся в дрожжах, делится на вне- и внутриклеточную. Последняя также подразделяется на два вида: свободная, которая удаляется достаточно просто, и связанная с коллоидами клетки.

Для вывода влаги теплоносителем требуется определенное соотношение парциальных давлений паров в воздухе (А) и на поверхности высушиваемого материала (Б). При организации непрерывного процесса следует помнить, что:

- 1) если  $A < B$  – идет обезвоживание;
- 2) в случае обратного неравенства  $A > B$  – происходит увлажнение дрожжей;
- 3) когда же парциальные давление паров сравниваются  $A = B$  – высушивание прекращается.

Для эффективного проведения сушки требуется выполнение основного условия. Температуру дрожжей следует поддерживать на уровне 30°C. При этом весь процесс отделения и вывода влаги протекает в три стадии:

I – удаление внеклеточной жидкости: на этом этапе общая влажность снижается с исходных 70 до 52 %;

II – удаление свободной внутриклеточной влаги, которое на выходе позволяет получить дрожжи с остаточным содержанием воды 16-18 %;

III – частичное удаление связанной внутриклеточной влаги, характеризующееся снижением влажности до 7,5-8 %.

Оставшиеся 7-8 % химически связанной влаги удалению не подлежат. И это вовсе не связано с отсутствием технологических возможностей. Просто в случае чрезмерного усердия произойдет денатурация белков (разрушение структуры с изменением строения и естественных свойств), которая приведет к гибели клетки. Сложность третьего этапа высушивания состоит в двойном условии: следует не только контролировать нижнюю предельную границу влажности, но и нацелено избавляться от избытков. Так, при высокой концентрации воды в клетках (до 10 %) реакции обмена не прекращаются и приводят, в конечном счете, к автолизу (разрушению клеток в процессе пагубного влияния их собственных ферментов). Неутешительный итог такого избыточного влагосодержания – потеря хлебопекарных свойств товарной продукции.

Чтобы сохранить ферментативную активность дрожжей, обуславливающую способность к брожению, необходимо форсировать сьем влаги именно в первый период сушки. В зависимости от интенсивности процесса высушивания дрожжей температура теплоносителя варьируется от 50 до 140°C. При этом температура самих дрожжей не будет превышать критических пределов. Связана эта зависимость со скрытой теплотой парообразования: самоохлаждение происходит за счет потерь тепла, затраченных на испарение. С повышением интенсивности процесса сьема влаги возрастает и температура теплоносителя. Лидерами по интенсивности влагоотдачи являются сушилки с виброкипящим слоем.

Что касается скорости подачи горячего воздуха, то оптимальным пределом является разбег от 1 до 2,5 м/с. Увеличивая подачу теплоносителя с 1 до 2 м/с, производитель, тем самым, снижает продолжительность сушки на 30-40 %. А как известно, качество сушеных дрожжей тем выше, чем быстрее проходит высушивание. При повышении скорости потока воздуха до 4 м/с влажный высушиваемый материал разбивается на гранулы и переходит во взвешенное состояние.

### **5.3. Сушка в ленточной сушилке**

Оптимальный режим предполагает следующие характеристики поступающего в качестве теплоносителя воздуха:

- температура: 36°C;
- первоначальная и конечная влажность: 41 и 90 % соответственно;
- скорость подвода: 0,2 м/с.

Для каждой ленты конструкцией предусмотрены определенные параметры.

Рекомендованная нагрузка составляет примерно 3,4 кг дрожжей на каждый квадратный метр ленты [5]

### **5.4. Сушка в шахтной сушилке ВИС-42Д**

Дрожжи высушивают в непрерывном потоке. Для этого предварительно подготовленную «вермишель» при помощи специальной каретки раскладывают на полки. Пересыпаясь с одной горизонтальной площадки на другую, продукт проходит

две зоны сушки. Температурный режим здесь различный: для верхних 11 полок он составляет 80-95°C, для нижних 9 полок – не более 63°C.

Конструктивной особенностью ВИС-42Д является возможность самостоятельного регулирования длительности сушки в каждой температурной зоне. Общая продолжительность ведения процесса 2,5-5 ч. При этом, для достижения требуемого качества сушеных дрожжей, оптимальная длительность составляет:

- 55 минут для верхней зоны (по 5 минут на каждую полку);
- 90 минут для нижней зоны (по 10 минут на одну полку соответственно).

### **5.5. Сушка в виброкипящем слое**

В сушилках непрерывного действия от итальянской фирмы «Прессиндустрия» применяют мягкий режим. Здесь дрожжи сушат в виброкипящем (псевдооживленном) слое с нагрузкой на каждый квадратный метр сита, не превышающей 84 кг. Производительность такой сушилки составляет 80-100 кг/ч.

Установка является многофункциональной: ее универсальность состоит в объединении всех подготовительных и основных этапов промышленного производства сушеных дрожжей. Конструкцией предусмотрены следующие операции:

- гранулирование исходного сырья – высококачественных прессованных дрожжей;
- соответствующая подготовка сушильного агента (выполнение требований по влажности и температуре);
- непосредственный процесс сушки;
- передача готовой продукции в отделение затаривания (упаковки);
- очистка отработанного воздуха от пыли в виде остатков дрожжей, осуществляемая в батарее циклонов.

Четыре температурные зоны обеспечивают нагрев воздуха:

- до 60°C (для I и II участков);
- в пределах 42-48 градусов (в III зоне);
- на уровне 36-39°C (на завершающем IV участке).

В первых двух зонах отработанный воздух охлаждается до 25-28°C, при прохождении же последнего IV участка его температура составляет всего 29-30°C.

Сушилка А1-ВГС от отечественного производителя в лице ВНИЭЖИпродмаша по качеству выпускаемой продукции не уступает некоторым итальянским моделям. Благодаря особенностям ее конструкции, сушка дрожжей в виброкипящем (псевдооживленном) слое осуществляется при значительно меньшем пылевыведении [6].

### **5.6. Сушка под вакуумом**

В сушилках от шведской фирмы СИА процесс обезвоживания ведется в два этапа. Активный сьем влаги до 15-22 % изначально проводится при атмосферном давлении. Температура воздуха здесь выдерживается на уровне 50°C, а длительность составляет 6-7 часов. Дальнейшее досушивание материала осуществляется под вакуумом. Готовая продукция, минуя сепаратор, поступает в конвейер, а затем направляется на упаковку.

Дрожжи, высушенные таким способом, отличаются высокой устойчивостью при хранении, а, кроме того, характеризуются хорошей подъемной силой – на уровне 45-70

минут.

### **5.7. Сушка методом сублимации**

Суть процесса состоит в удалении влаги за счет возгонки (сублимации) льда из замороженного сырья. Таким образом, метод заключается в последовательных фазовых переходах воды по схеме: жидкость – твердое (лед) – пар. При протекании указанных физических превращений структура исходного материала практически не меняется. Высушенные же по данной технологии дрожжи отличаются высокой дисперсностью и пористостью. Последнее свойство обуславливает быстрое восстановление изначальных свойств в случае увлажнения.

Сушка дрожжей сублимацией, по сравнению с тепловыми процессами обезвоживания, обеспечивает продукции целый набор преимуществ. В превосходной степени можно говорить о:

- сохранности активности ферментов;
- пористости;
- цвете и вкусе;
- обводняемости;
- стойкости при хранении [6].

#### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Что влияет на интенсивность сушки дрожжей?
- 2) Какие факторы обуславливают режимы сушки дрожжей?
- 3) Какие преимущества сушки методом сублимации?

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

##### **Основная**

1. **Клунова, С.М.** Биотехнология/ С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.

##### **Дополнительная**

1. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
2. Журналы: «Пищевая промышленность», «Биотехнология».

## Лекция 6

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ДРОЖЖЕЙ

#### 6.1. Новый способ получения сухих дрожжей

Изобретение относится к способу получения сухих дрожжей в серийном производстве, при этом новый вид дрожжей способствует получению высококачественного хлеба и спиртосодержащих компонентов, при сроке хранения сухих дрожжей от 2 до 3 лет при температуре 5-5,5°C.

Известен аналог-прототип RU 2201445 С2 (ОАО "Самарский дрожжевой завод" и др.), 27.03.2003.

Способ приготовления сухих дрожжей выполнен с целью повышения технологических возможностей замкнутого производственного цикла.

Задачей нового технического решения является расширение технологических возможностей дрожжей, связанных с улучшением качества и нормативного периода сохранности приготовляемых продуктов, что расширяет технологические возможности получения более качественных дрожжей на этапе их высушивания.

Поставленная задача достигается тем, что способ получения сухих дрожжей, предусматривающий разбавление мелассы водой, осветление полученного раствора, добавление хлорной вытяжки из расчета 0,9 кг активного хлора на 1000 кг мелассы, перемешивание и выдерживание смеси, добавление серной кислоты до рН 4,5... 5,5,

подачу приготовленного раствора мелассы в дрожжерастительный аппарат, раздельное приготовление растворов сульфата аммония, диаммонийфосфата и хлористого калия, подачу растворов солей в дрожжерастительный аппарат, приготовление чистой маточной культуры дрожжей путем просева пробирочной культуры на сусло-агар, выращивание дрожжей и последующего пересева дрожжей чистой культуры в отдельную питательную среду, включающую мелассу, диаммонийфосфат, хлористый калий и пеногаситель с содержанием сухих веществ 13% с рН 4,5, выращивание дрожжей маточной культуры в двух последовательных инокуляторах - генеративных чанах А и Б, сепарирование дрожжей, обработку их серной кислотой с последующим использованием их для засева товарных дрожжей, выращивание товарных дрожжей, отличающийся тем, что, в начале сушки подают через неподвижный слой дрожжей подогретый до 25-26°C воздух с влажностью 35-40% при скорости его подачи 20-22 м/с, учитывают выполнение равномерного измельчения дрожжей и укладку их слоем в 3-4 см на площади 1 м<sup>2</sup> с объемной массой 15-20 кг/м<sup>2</sup>, удаляют межклеточную влагу, перемешивают через каждые 30 минут дрожжи, учитывают общее время сушки до 2,5-3 часов, снижают влажность дрожжей с 78 до 43%, поддерживают температуру дрожжей 25-26°C, через каждый час процесса, дрожжи измельчают в виде объемных масс в 15-20 кг, дрожжи подают на полигональное сито со скоростью вращения 30-40 об/мин, подачей сухого воздуха в дрожжах ликвидируют слипание мелких частиц от 3-5 мм, направляют дрожжи в накопительный бункер, где в течение 1,5... 2 часов сохраняют влажность дрожжей в 35-45% за счет потери меж- и внутриклеточной влаги, дрожжи очищают от остатков сухих дрожжей сжатым воздухом под давлением в 0,1... 0,12 МПа, дрожжи подают на лопасти мельницы со скоростью вращения 20-25 об/мин, сухие дрожжи из накопительного бункера пересыпают с лопасти на лопасть и обдувают воздухом при температуре 24-28°C и скорости 2-2,5 м/с, полученные дрожжи

приобретают товарный вид в процессе их просеивания через сито с диаметром ячейки в 2,5 мм, полученные дрожжи озонируют в течение 5-7 минут.

Описание способа приготовления сухих дрожжей.

Способ получения сухих дрожжей, предусматривающий разбавление мелассы водой, осветление полученного раствора, добавление хлорной вытяжки из расчета 0,9 кг активного хлора на 1000 кг мелассы, перемешивание и выдерживание смеси, добавление серной кислоты до pH 4,5... 5,5, подачу приготовленного раствора мелассы в дрожжерастительный аппарат, раздельное приготовление растворов сульфата аммония, диаммонийфосфата и хлористого калия, подачу растворов солей в дрожжерастительный аппарат, приготовление чистой маточной культуры дрожжей путем просева пробирочной культуры на сусло-агар, выращивание дрожжей и последующего пересева дрожжей чистой культуры в отдельную питательную среду, включающую мелассу, диаммонийфосфат, хлористый калий и пеногаситель с содержанием сухих веществ 13% с pH 4,5, выращивание дрожжей маточной культуры в двух последовательных инокуляторах - генеративных чанах А и Б, сепарирование дрожжей, обработку их серной кислотой с последующим использованием их для засева товарных дрожжей, выращивание товарных дрожжей, отличающийся тем, что дальнейшее приготовление дрожжей включает операции:

- в начале сушки подают воздух через малоподвижный слой дрожжей, подогретый до 25-26°C, с влажностью 35-40% при скорости его подачи 20-22 м/с;

- учитывают выполнение равномерного измельчения дрожжей и укладку их слоем в 3-4 см на площади 1 м<sup>2</sup> с объемной массой 15-20 кг/м<sup>2</sup>;

- удаляют межклеточную влагу и перемешивают через каждые 30 минут дрожжи;

- учитывают общее время сушки до 2,5-3 часов, снижают влажность дрожжей с 78 до 43%;

- поддерживают температуру дрожжей 25-26°C, через каждый час процесса;

- дрожжи измельчают в виде объемных масс в 15-20 кг;

- дрожжи подают на полигональное сито со скоростью вращения 30-40 об/мин;

- подачей сухого воздуха в дрожжах ликвидируют слипание мелких частиц от 3-5 мм;

- направляют дрожжи в накопительный бункер, где в течение 1,5... 2 часов сохраняют влажность дрожжей в 35-45% за счет потери меж- и внутриклеточной влаги;

- дрожжи очищают от остатков сухих дрожжей сжатым воздухом под давлением в 0,1... 0,12 МПа;

- дрожжи подают на лопасти мельницы со скоростью вращения 20-25 об/мин;

- сухие дрожжи из накопительного бункера пересыпают с лопасти на лопасть и обдувают воздухом при температуре 24-28°C и скорости 2-2,5 м/с;

- полученные дрожжи приобретают товарный вид в процессе их просеивания через сито с диаметром ячейки в 2,5 мм;

- полученные дрожжи озонируют в течение 5-7 минут.

Пример выполнения способа

Способ получения сухих дрожжей, предусматривающий разбавление мелассы водой, осветление полученного раствора, добавление хлорной вытяжки из расчета 0,9 кг активного хлора на 1000 кг мелассы, перемешивание и выдерживание смеси, добавление серной кислоты до pH 4,5... 5,5, подачу приготовленного раствора мелассы в дрожжерастительный аппарат, раздельное приготовление растворов сульфата

аммония, диаммонийфосфата и хлористого калия, подачу растворов солей в дрожжерастительный аппарат, приготовление чистой маточной культуры дрожжей путем просева пробирочной культуры на сусло-агар, выращивание дрожжей и последующего пересева дрожжей чистой культуры в отдельную питательную среду, включающую мелассу, диаммонийфосфат, хлористый калий и пеногаситель с содержанием сухих веществ 13% с рН 4,5, выращивание дрожжей маточной культуры в двух последовательных инокуляторах - генеративных чанах А и Б, сепарирование дрожжей, обработку их серной кислотой с последующим использованием их для засева товарных дрожжей, выращивание товарных дрожжей, выполняют таким образом, что:

1) в начале сушки подают через малоподвижный слой дрожжей подогретый до 25-26°C воздух, с влажностью 35-40% при скорости его подачи 20-22 м/с;

2) учитывают выполнение равномерного измельчения дрожжей и укладку их слоем в 3-4 см на площади 1 м<sup>2</sup> с объемной массой 15-20 кг/м<sup>2</sup>;

3) удаляют межклеточную влагу и перемешивают через каждые 30 минут дрожжи;

4) учитывают общее время сушки до 2,5-3 часов, снижают влажность дрожжей с 78 до 43%;

5) поддерживают температуру дрожжей 25-26°C, через каждый час процесса;

6) дрожжи измельчают в виде объемных масс в 15-20 кг;

7) дрожжи подают на полигональное сито со скоростью вращения 30-40 об/мин;

8) подачей сухого воздуха в дрожжах ликвидируют слипание мелких частиц от 3-5 мм;

9) направляют дрожжи в накопительный бункер, где в течение 1,5... 2 часов сохраняют влажность дрожжей в 35-45% за счет потери меж- и внутриклеточной влаги;

10) дрожжи очищают от остатков сухих дрожжей сжатым воздухом под давлением в 0,1... 0,12 МПа;

11) дрожжи подают на лопасти мельницы со скоростью вращения 20-25 об/мин;

12) сухие дрожжи из накопительного бункера пересыпают с лопасти на лопасть и обдувают воздухом при температуре 24-28°C и скорости 2-2,5 м/с;

13) полученные дрожжи приобретают товарный вид в процессе их просеивания через сито с диаметром ячейки в 2,5 мм;

14) полученные дрожжи озонируют в течение 5-7 минут.

Практическая применимость результатов указывает на увеличение площади испарения межклеточной влаги за счет влияния температурного режима и влажности подаваемого для высушивания частичек дрожжей воздуха без изменения оптимального конституционного температурного режима сухих дрожжей.

Экономическая эффективность технологического процесса заключается в большей инвариантности кинематического воздействия на частички клеток дрожжевого пространства, изменения теплового поля и снижения влажности получаемых дрожжей.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) В чем заключается подготовка дрожжей к сушке?
- 2) Как очищают дрожжи от остатков сухих дрожжей?
- 3) Какую дисперсность предусматривает товарный вид сухих дрожжей?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. **Клунова, С.М.** Биотехнология/ С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.

### Дополнительная

1. Патент РФ № 2405820 Способ изготовления сухих дрожжей

1. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>

2. Журналы: «Пищевая промышленность», «Биотехнология».

## Лекция 7

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ

### 7.1. Характеристика пивных дрожжей

В свежем виде пивные дрожжи представляют собой нестойкий продукт, и разложение их при комнатной температуре начинается через несколько часов, а при температуре 30 С - через 20-30 минут.

Наилучший метод консервирования дрожжей - это сушка. В сухом виде (при содержании влаги около 10%) дрожжи сохраняются в течение длительного времени.

При получении кормовых дрожжей, сушке подвергаются необезгореченные дрожжи, но для получения пищевых и лечебных продуктов, дрожжи предварительно должны быть обезгоречены.

Необходимость переработки пивных дрожжей обусловлена огромной пищевой ценностью данного продукта.

Дрожжи являются более богатым источником белков, чем мясо. 1 кг сухих дрожжей дает 4520 ккал, в то время как 1 кг мяса средней жирности - 1720 ккал. Дрожжи содержат в достаточном количестве 5 из 6 основных аминокислот, из которых организм создает свой белок.

В дрожжах содержится глутатион, регулирующий процессы окисления и восстановления, и ряд других веществ, полезных для нормального обмена веществ в живом организме. Причем пивные дрожжи значительно богаче витаминами, чем пекарские.

Химический состав дрожжей и содержание в них витаминов и других биокатализаторов дают возможность использовать их в качестве материала для получения лечебных и питательных препаратов, а так же как хороший белковый корм для птиц и свиней.

Бродильная активность дрожжей характеризуется степенью сбраживания суслу ( $\%$ )  $C = (E - e)100/E$ ,

Пивные дрожжи в природе встречаются редко и при этом весьма отличаются от тех облагороженных дрожжей, что применяются для производства пива. Столетия селекционного отбора понадобились людям для выведения пригодных для этой цели штаммов. Всего известно не менее 500 типов дрожжей применяемых в пивоварении.

В производстве пива используют два разных вида дрожжей в зависимости от того, какую технику брожения и какой сорт пива предпочитают. Эти два вида: дрожжи верхового брожения, дрожжи низового брожения.

Дрожжи верхового брожения применяются при производстве, к примеру, портера, эля, стаута и большинства сортов пшеничного пива. Дрожжи низового брожения - при изготовлении лагерного пива и пива средневропейских сортов. Названия этих двух типов дрожжей произошли от способности дрожжей верхового брожения собираться в завершающей стадии брожения на поверхности пива, в то время как дрожжи низового брожения по окончании процесса опускаются на дно бродильной ёмкости. Разные типы дрожжей придают пиву различный вкус. Дрожжи верхового брожения формируют "шапку" на поверхности суслу, предпочитают температуры 14--25°C (поэтому верховое брожение также называют тёплым) и выдерживают более высокие концентрации спирта. Дрожжи низового (холодного)

брожения имеют оптимум развития при 6--10°C и оседают на дно ферментёра [6].

**Таблица 1. Химический состав и усвояемость пивных дрожжей**

Показатели	Содержание, %	Усвояемость, %
Влажность	8 - 12	-
Белковые вещества	43 - 55	90
Жир	2 - 3	81
Безазотистые экстрактивные вещества	25 - 35	75
Клетчатка	0,4 - 0,7	95
Зола	6 - 8	-

**Таблица 2. Содержание витаминов в пивных дрожжах**

Витамины	Содержание в дрожжах из бродильни, мг/100г
В <sub>1</sub>	0,8
В <sub>2</sub>	5,0
РР	29,4
Е	2,0
В <sub>6</sub>	3,6

#### **Состав пивных дрожжей**

Белки, аминокислоты (лизин, гистидин, аргинин, аспарагиновая кислота, треонин, серин, глутаминовая кислота, пролин, глицин, аланин, цистин, валин, изолейцин, лейцин, тирозин, фенилаланин), углеводы, витамины (В<sub>1</sub> - тиамин, В<sub>2</sub> - рибофлавин, В<sub>3</sub> - пантотеновая кислота, В<sub>5</sub> - никотиновая кислота, В<sub>6</sub> - пиридоксин, Н - биотин, В<sub>с</sub> - фолиевая кислота), минеральные вещества (железо, цинк, марганец, медь, калий, фосфор, сера).

Помимо уже упомянутых компонентов в пивные дрожжи по специальной технологии можно добавлять и другие компоненты, не свойственные изначальному составу пивных дрожжей. Таким образом получают пивные дрожжи с цинком, пивные дрожжи с селеном и т.д.

#### **7.2. Производство сухих пивных дрожжей**

После периода главного брожения остаточные пивные дрожжи из бродильни передаются в чан, где разбавляются холодной водой в отношении 1:4 и выстаиваются при непрерывном перемешивании в течении 10 минут.

Полученная дрожжевая суспензия подаётся через сетчатый фильтр на сепаратор, где происходит разделение на промывочную воду, которая уходит в канализацию, и помывную дрожжевую суспензию, которая насосом подаётся в бак - накопитель. Затем, после опустошения чана дрожжевая суспензия подаётся обратно в чан, где к ней добавляется в пропорции 4:1 1% раствор NaCl. В солевом растворе дрожжевая суспензия выдерживается в течении 30 минут при постоянном перемешивании.

После обработки солевым раствором смесь подаётся на сепаратор, где отделяется солевой раствор, уносящийся в канализацию от обезгореченной дрожжевой суспензии, которая насосом подаётся в бак - накопитель. Далее смесь снова поступает в чан для помывки от солевого раствора водой в пропорции 1:4 в течении 10 минут, затем через сепаратор и насос обратно в бак - накопитель. Цикл промывки

от соли повторяется 3 раза.

В конце промывки дрожжевая суспензия из бака - накопителя постепенно поступает для сушки в двухвальцовую вакуум - сушилку. На вальцах дрожжи высыхают при пониженном давлении и температуре 40 - 45°C. Толщина сходящей с вальцов плёнки сухих дрожжей согласно требованиям не должна превышать 0,1 - 0,2 мм.

Полученная тонкая плёнка дрожжей посредством шлюзового затвора попадают в пневматическую установку нагнетательного типа, которая подаёт сухие дрожжи в циклон, где после фильтрации они попадают в сборник для упаковки. При переноске продукта воздухом с температурой 10°C происходит одновременное его охлаждение и досушивание. Температура смеси воздуха с продуктом на входе в циклон равна 12°C.

### 7.3. Установка переработки дрожжей

Дрожжевая комплексная установка переработки дрожжей предназначена для приёма и обработки снятых дрожжей для их дальнейшего использования в технологическом процессе, а также для товарного использования.

Дрожжерастительные чаны.

Назначение - для непрерывного выращивания чистой культуры дрожжей на сусле гидролизного производства.
Номинальный объем, м <sup>3</sup> - 320
Производительность по приточному суслу; м <sup>3</sup> /час - 20-30
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /час - до 5000
Давление воздуха, кг/см <sup>2</sup> - избыточное до 0,6
Поверхность охлаждения рубашки диффузора, м <sup>2</sup> - 30
Температура, °C - плюс 36 - 38
Масса, кг - 19705

### Дрожжегенератор объемом 100 м.куб

Назначение - выращивание дрожжей

Объем, м<sup>3</sup> - 100

Давление, МПа (кгс/см<sup>2</sup>) - атмосферное

Температура, °C - плюс 35...38

Среда - барда слабокислая, нетоксичная

Материал - сталь 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632-72

Группа аппарата - 5б по ОСТ 26-291-87

Масса, кг - 7400

### 7.4. Сушка дрожжей

Сушка является наиболее распространенным способом консервации дрожжей. Сухие дрожжи с содержанием 8--10% воды имеет неограниченный срок хранения, если хранить их в соответствующей упаковке и в сухом помещении. На пивоваренных заводах для сушки используют вальцовые сушилки. Это полые, чугунные цилиндры, обогреваемые паром. Цилиндр в горизонтальном положении погружен нижней частью кожуха в сборник с дрожжами и при вращении захватывает на свою поверхность дрожжи. Цилиндр обогревается паром от 0,3 до 0,35 МПа (3--3,5 атм) и на поверхности имеет температуру 130--135°C. Цилиндр

вращается с частотой 6 об/мин и дрожжи высыхают за один оборот, т. е. за 8--10 с. Тонкая пленка сухих дрожжей соскабливается ножом раньше, чем соответствующая часть кожуха цилиндра снова погрузится в дрожжи. Сухие дрожжи попадают на шнек, с которого ссыпаются в мешки или отправляются дальше.

Вальцовые сушилки в зависимости от длины цилиндра имеют производительность от 50 до 600 кг жидких дрожжей в час. Они могут быть также двухвальцовыми. Размер сушилки следует выбирать так, чтобы жидкие дрожжи не хранились дольше чем 3 дня и чтобы аппарат использовался всю неделю в одну или две смены. Аппараты производительностью ниже чем 100 л/ч не экономичны. Обычно в сушилке перерабатываются дрожжи с нескольких пивоваренных заводов. Помещение, где сушатся дрожжи, должно содержаться в безупречной чистоте. Следует заботиться о том, чтобы сухие дрожжи не распылялись. Помещение не должно находиться вблизи производственных помещений пивоваренного завода потому, что старые, подвергшиеся автолизу дрожжи, при сушке издадут сильный запах.

Сушеные дрожжи пригодны для дальнейшей переработки, поскольку при сушке инактивируются только ферменты, а остальные биологически важные компоненты, главным образом витамины, сохраняются.

Для особых случаев, т. е. если следует сохранить ферменты и другие нестойкие вещества в первоначальном виде, дрожжи высушивают в распылительных сушилках.

Распылительная сушилка --это сложное устройство, основная часть которого представляет собой хорошо изолированный цилиндр с коническим дном. В цилиндр снизу подается воздух, нагретый до температуры 144°C, и в противотоке дрожжи распыляются вращающимися форсунками при частоте вращения их 15 000 об/мин. Центробежной силой дрожжи распыляются в тонкий туман и быстро высушиваются. При удалении тепла за счет быстрого испарения дрожжи охлаждаются так, что температура на их поверхности не превышает 60°C. При этой температуре не изменяется ни содержание витаминов, ни состав белков. Такое сушильное устройство однако довольно дорого и его эксплуатация тоже дорога; поэтому его используют только для производства дорогих препаратов, например фармацевтических, и дополнительного питания.[4]

#### **Вальцовые вакуум- сушилки**

Представляют собой обогреваемые изнутри медленно вращающиеся металлические вальцы. Количество оборотов вальца и его температура регулируются таким образом, чтобы жидкость, нанесенная тонким слоем, высушивалась прежде, чем валец успеет завершить полный оборот. Высушенный материал с вальца снимают скребком. Известно несколько конструкций сушилок этого типа.

Одновальцовая сушилка с погруженным вальцом.

Эта сушилка пригодна только для разведенных растворов или извлечений.

Одновальцовая сушилка с непогруженным вальцом. Между вальцом и жидкостью имеется питающий валик, при помощи которого может регулироваться слой жидкости. Исключен перегрев. Эта сушилка рациональнее, чем предыдущая.

Двухвальцовая сушилка. Вальцы вращаются в противоположные стороны. Высушиваемая жидкость подается в просвет между ними. Толщина слоя определяется расстоянием между вальцами. Внутри кожуха вращаются два полых вальца, обогреваемых изнутри паром, поступающим по паропроводу. Одновременно пар подается в рубашку кожуха, благодаря чему предупреждаются охлаждение и конденсация паров на поверхности кожуха. Конденсат из вальцов и паровой

рубашки выводятся через конденсационный горшок в трубу. Вытяжка засасывается в сушилку из сборника по трубопроводу благодаря вакууму в линии. Высушенная корочка сухого экстракта снимается скребками, которые прижимаются к вальцам при помощи винтов. Сухой экстракт сыпают в приемник. За процессом сушки наблюдают через смотровые стекла. Пары отсасывают из сушилки через трубу. Вначале они поступают в пылеуловитель, а затем направляются в трубчатый конденсатор, охлаждаемый (как и пылеуловитель) холодной водой, поступающей из трубопровода. Теплая вода вытекает через трубу. За образованием конденсата наблюдают через смотровое стекло. Из сборника конденсатора при помощи ротора воздушного вакуум-насоса выкачивают воздух, который через предохранительный горшок выхлопа попадает в мокро-воздушный насос, поршнем которого воздух выбрасывается в атмосферу через патрубок. Охлаждающая насосы вода поступает из водопровода и выводится по трубам. Сушильные вальцы в сушилке вращаются со скоростью 4-8 об/мин. Таким образом, продолжительность сушки колеблется в пределах 15-772 с. Производительность 40-50 кг/м<sup>2</sup> в 1 ч при условии, что в сушилку подается предварительно упаренная вытяжка (30-50%).

#### **Уход за дрожжами**

Уже при съеме из чана дрожжи разделяются на семенные, предназначенные для дальнейшего разделения, и избыточные (отходы). Избыточные жидкие (или прессованные) дрожжи без обработки направляются для дальнейшего использования.

Семенные дрожжи (ядро) можно сразу же после съема использовать для новой задачи. В этом случае их перемешивают с сушлом, процеживают и используют для задачи. Утверждают, что этот процесс лучше всего отвечает их физиологическим свойствам и что их промывка и длительное хранение под водой ослабляют дрожжи. Однако на практике снятые дрожжи нельзя сразу же задавать и поэтому их хранят под водой на холоду. Отмечалось также, что промытые дрожжи более чистые, не содержат механических загрязнений, мертвых клеток и слизистых веществ, с поверхности клеток, клеточная оболочка их проницаема и сорбционные свойства лучше. Большинство пивоваров предпочитают задавать промытые дрожжи.

При промывке и хранении дрожжей обычно придерживаются простого и проверенного в практике процесса. Снятые семенные дрожжи разбавляют одинаковым объемом холодной воды, перемешивают скребком и процеживают через волосяное или металлическое сито в двух- или трехкратный объем холодной воды. После перемешивания дрожжи оставляют осесть и первую воду осторожно сливают, поскольку она еще содержит остатки экстракта. Дрожжи снова разбавляют холодной водой и основательно перемешивают. После второго перемешивания с водой дрожжи обычно уже чистые и хорошо оседают. При длительном хранении заменяют только воду с поверхности дрожжей, однако дрожжи с водой не перемешивают. Этот процесс называется промывкой дрожжей; при этом важно, чтобы дрожжи очистились наименьшим количеством воды, чтобы они не ослабли, и не было излишних потерь здоровых клеток. Вода для промывки должна быть холодной, т. е. ее температура должна быть ниже, чем температура перекачиваемого из чана пива, из которого были сняты дрожжи. Вода должна быть биологически чистой, и, кроме того, чтобы помешать быстрому изменению осмотического давления в дрожжевых клетках, лучше промывать дрожжи в жесткой воде. Поэтому для промывки и хранения дрожжей раньше использовали только артезианскую воду.

При значительном загрязнении дрожжей промывки недостаточно и поэтому

используют другие различные способы. Для получения пива, содержащегося в снятых дрожжах, дрожжи сначала прессовали и потом снова разбавляли водой. Однако полученное пиво имеет плохие качества, оно терпкое, более интенсивно окрашено и имеет низкую кислотность.

По Люерсу, рН этого пива поднимается до 7,8 и если его прибавить к нормальному пиву, то в результате этого может повыситься его склонность к биологическим помутнениям. Промывка дрожжей в мойках разной конструкции имела свои недостатки. Требовалось большое количество промывной воды, здоровые клетки часто смывались промывной водой. Были попытки также добавлять к промывной воде различные химические реагенты, кислоты, основания или антибиотики для того, чтобы, с одной стороны, уничтожить загрязняющие микроорганизмы и, с другой -- устранить из дрожжей слизистые вещества. Однако это вмешательство отрицательно влияло на дрожжи; ухудшало их агглютинирующие способности и снижало кислотные свойства. Эти процессы более подробно описаны в монографии Главачека и сотрудников "Пивные дрожжи". В настоящее время эти способы почти не применяются за исключением излишних дрожжей, предназначенных для непосредственного потребления населением.

Как правило, снятые дрожжи при хорошей организации производства транспортируют в специально предназначенное для этого помещение, которое должно находиться в бродильном отделении или поблизости, охлаждаться до температуры 4°C и хорошо проветриваться. Такое помещение обычно до потолка выложено плиткой, имеет асфальтовый пол без щелей и с достаточным уклоном к сборникам для отходов. В помещении находятся только ванны или резервуары другого типа для дрожжей; необходимые инструменты хранятся в другом помещении. Иногда здесь же находится алюминиевый танк с холодной водой для промывки дрожжей, который постоянно пополняется. Вместо деревянных ванн применяют опрокидывающиеся эмалированные, алюминиевые или из нержавеющей стали. Раньше эти ванны имели сдвоенное дно для охлаждения. Однако, если работают с охлажденной водой и температура помещения не выше 4°C, то дрожжи в ваннах уже не следует охлаждать.

Снятые дрожжи так же, как и при промывке, разбавляют холодной водой и процеживают через сито прямо в ванны. После осаждения дрожжей наклоном ванны вода сливается (может удаляться также темный слой с поверхности дрожжей) и дрожжи снова перемешиваются с холодной водой. Этот процесс можно повторять до тех пор, пока дрожжи не будут абсолютно чистыми, т. е. пока они не станут белыми и на поверхности не будет слоя грязи. После этого вода над дрожжами меняется один раз в день. Сохраняемые таким образом дрожжи в течение 4--6 дней не изменяют своих основных свойств и физиологического состояния.

На больших заводах транспортировка дрожжей и другие операции механизированы. Дрожжи из чанов откачивают непосредственно к месту хранения или выпускают вначале в специальные ванны и в них подвозят к насосу. Если дрожжи перекачивают непосредственно к месту хранения, то такая транспортировка более быстрая, чем при использовании ванн. Прежде чем дрожжи попадают в сборник, их очищают на вибрационном сите (рис. 72), находящемся прямо над ванной или резервуаром для дрожжей. Вибрационные сита электромагнитные и дрожжи перемещаются по их поверхности с одной стороны на другую. При использовании переменного тока с 50 периодами сито совершает 3000 колебаний в минуту и имеет размах около 1 мм. Отверстия сита имеют диаметр 0,4--0,6 мм.

Жидкие дрожжи с содержанием 35-90% воды при попадании на сито равномерно распределяются по всей его поверхности. Под влиянием вибрации они перемещаются по сити, отделяются и процеживаются через него. Механические загрязнения постепенно перемещаются к противоположной стороне сита, где попадают в отходы. Вибрационное сито размером 400x500 мм имеет производительность 100 л/мин. Оно работает при незначительной подводимой мощности (0,15 кВт). Все сито изготовлено из нержавеющей стали и имеет устойчивую конструкцию; его можно легко разбирать и чистить.

Процеженные дрожжи улавливают в ванны или резервуары (чаны) соответствующей формы, чтобы они легко стекали из них. Эти резервуары должны быть достаточно большими, чтобы принять дрожжи одного типа из одного или нескольких чанов. Ванны бывают емкостью до 4 гл, чаны -- до 10--12 гл. После перемешивания с водой дрожжи перекачивают в емкости, предназначенные для хранения дрожжей; в них они хранятся на холоду под водой, которая не меняется при кратковременном хранении. Насос для транспортировки дрожжей передвижной, чтобы его можно было перемещать от чана к чану. Конструкция насоса очень простая, чтобы он легко разбирался и очищался. Регулирование производительности обычно от 1 до 60 гл/ч должно быть точным, чтобы можно было определить количество транспортируемых дрожжей.

В помещении для хранения дрожжей имеется также прибор для переливания их. Часто отмеренные количества дрожжей перекачивают в специальный чан, где его перемешивают с необходимым объемом сусла и одновременно основательно продувают отфильтрованным воздухом. Аэрированную смесь дрожжей с суслом перекачивают в бродильный чан или чан предварительного сбраживания, или в трубопровод, по которому охлажденное сусло стекает в бродильные чаны.

#### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Чем отличается химический состав пивных дрожжей?
- 2) Какие особенности технологии производства сухих пивных дрожжей?
- 3) В чем заключается уход за дрожжами?

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

##### **Основная**

1. **Клунова, С.М.** Биотехнология/ С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.

##### **Дополнительная**

1. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
2. Журналы: «Пищевая промышленность», «Биотехнология».

## Лекция 8

### ПРОИЗВОДСТВО КОРМОВЫХ ДРОЖЖЕЙ

#### 8.1.Обрудование для производства кормовых дрожжей, сепарируемых из меласной барды

Основным оборудованием при производстве сухих кормовых дрожжей являются теплообменник, сепараторы, вальцовая или распылительная сушилка.

Схема производства кормовых дрожжей, разработанная УкрНИИСПом, сепарируемых из меласной барды: барда из брагоректификационной установки поступает в сборник горячей барды, из которого, пройдя ловушку, она насосом прокачивается через теплообменник типа «труба в трубе» или пластинчатый. В теплообменнике барда охлаждается до 30° С и далее проходит через сетчатый фильтр, где освобождается от взвешенных частиц диаметром более 0,5 мм. В зависимости от наличия минеральных примесей (шлама, гипса и т. п.) охлажденная барда поступает либо непосредственно на сепараторы первой ступени, либо в напорный чан, где барда отстаивается, дополнительно очищаясь от примесей. Для сепарирования применяют сепараторы открытого и полузакрытого типа ВСЖ-2, ДСБ-35, ВСБ-М и др.

Полученная после первой сепарации дрожжевая суспензия самотеком поступает в сборники, оборудованные лопастными или миксерными мешалками. По заполнении одного из сборников дрожжевая суспензия насосом подается на сепараторы второй ступени. Суспензия от второй сепарации поступает в сборник.

Сборники, где промывается дрожжевая суспензия, подключаются попеременно для обеспечения круговой сепарации в сепараторах роторной ступени.

Окончательно стуженная дрожжевая суспензия из сборника насосом подается в плазмоллизатор, где подогревается до 70—75°С, и далее самотеком поступает на вальцовую сушилку.

Вальцовые сушилки являются конвективными, тепло передается от нагретой поверхности к высушиваемому материалу при непосредственном соприкосновении. У этой сушилки имеется два полых вращающихся барабана, и поэтому она называется двух- вальцовой.

Сушилка обогревается водяным паром, который поступает через полый вал барабана. Через тот же вал отводится конденсат. Высушенный на поверхности барабана материал снимается ножом, закрепленным на раме сушилки. Воздух, уносящий испаренную влагу, уходит в вытяжное устройство. Барабаны делают 2—8 об/мин. Эффективность сушилки оценивается по напряжению ее поверхности, которая выражается в килограммах воды, выпариваемой за 1 ч с 1 м<sup>2</sup>. Дрожжи высушиваются до стандартной влажности 11%. Сухие дрожжи, снятые ножами с вальца, попадают в приемный желоб, внутри которого находится шнек, и подаются в элеватор, а из него через бункер на весы и фасовку в крафт-мешки по 20—25 кг.

Для сушки дрожжей на заводах небольшой мощности применяют двухвальцовые сушилки СДА-250.

Сушилку СДА-250 вследствие ее небольшой производительности (1,5—0,6 т в сутки) применяют в цехах небольшой мощности. При больших количествах высушиваемых дрожжей целесообразно использовать сушилки СДА, сушилки ВСГ, распылительные сушилки.[6]

Техническая характеристика сушилки ВСГ		
Производительность по испаренной влаге, кг/ч	1000	
Поверхность нагрева валков (общая), м <sup>2</sup>	28	
Давление пара внутри валков, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,4 (4)	
Расход пара на 1 кг испаренной влаги, кг	1,7	
Потребляемая электроэнергия, кВт	20	
Частота вращения валков (регулируется), об/мин	3,9—7,8	
Размер валков, мм		
диаметр	1222	
длина	3658	
Размер ножей, мм		
длина	456,5	
ширина	140	
толщина	4	

Сейчас на заводах переоборудуют сушилки ВСГ по типу сушилок СДА — для чего под валками устанавливают индивидуальные ванны с подводом в них концентрата дрожжей, изменяют вращение валков и переставляют ножи, изготовленные из стали марки Ст.5. Ножи затачивают на специальном заточном станке, они должны плотно прилегать к барабану по всей длине.

При эксплуатации вальцовых сушилок необходимо обращать внимание на состояние заточки ножей, исправность редукционного вентиля и предохранительного клапана на паропроводе, идущем к сушилке [11].

## **8.2. Оборудование для производства кормовых дрожжей, выращиваемых на барде**

Аппаратурно-технологическая схема производства кормовых дрожжей на меласной барде: горячая барда (98—100°С), выходящая из бражной колонны, поступает в сборник-стерилизатор, из которого насосом непрерывно подается на фильтры и далее на пластинчатые теплообменники для охлаждения до 25—35° С. Охлажденная барда поступает в чан-смеситель, куда одновременно из расходного сборника подаются растворы солей для получения питательной среды.

Питательная среда из смесителя насосом подается в дрожжерастильный аппарат, дрожжанку и дрожжегенератор.

В дрожжанке на поступающей питательной среде непрерывно выращиваются маточные дрожжи, которые самотеком передаются в большую дрожжанку — дрожжегенератор.

Для засева в дрожжанку в аппаратах чистой культуры выращивается чистая культура дрожжей на стерилизованном меласном сусле, поступающем из основного производства. Вместимость аппаратов ЧК 15, 150 и 1000 л.

Дрожжи сжатым воздухом передаются из малого аппарата ЧК в большой и из последнего в дрожжанку, из которой сливаются самотеком или с помощью насоса могут перекачиваться в дрожжегенератор. Питательная среда в дрожжерастильном аппарате аэрируется воздухом, поступающим от воздухоподводящей машины.

Дрожжевая бражка снизу дрожжерастильного аппарата отбирается в виде эмульсии и непрерывно подается в деэмульгатор для разрушения пены, из верхней части

которого отделившаяся пена поступает в механический пеногаситель. Обеспеченная бражка насосом через фильтр подается на первую ступень сепарации. Дрожжевая суспензия от первой сепарации поступает в сборник, куда одновременно направляется сжиженная пена из механического пеногасителя. Для обеспечения заданного рН в дрожжерастильные аппараты предусматривается подача кислоты из сборника.

Сепараторы соединяют в две группы по три в каждой—для отдельного выделения и сгущения дрожжей I и II стадий сепарации. Для транспортирования и мойки барабанов сепараторов установлены монорельс с тельфером и ванна.

Дрожжевая суспензия (100—150 г/л) от первой сепарации из сборника суспензии насосом подается на сепаратор для круговой сепарации со сгущением до концентрации 400—450 г/л. Готовая суспензия поступает в плазмолизатор, где в нагретом до 75—80° С состоянии выдерживается 1 ч и откачивается насосом в расходный сборник на сушилке.

Высушенные дрожжи пневматически подаются в бункер, из которого поступают на автоматические весы и упаковываются в крафт-мешки. Наполненные дрожжами крафт-мешки зашиваются на мешкозашивочной машине ЗЗЕ-М производительностью 500 мешков в час.

При двухстадийном способе выращивания дрожжей на оттоке дрожжей от сепараторов повторно выращиваются дрожжи во вторую стадию.

Стерилизатор-выдерживатель для горячей барды изготавливается из нержавеющей стали цилиндрической формы с крышкой и вытяжной трубой, плоским днищем и мешалкой. Отношение высоты к диаметру составляет 2:1. Для заводов мощностью до 2000 дал в сутки вместимость выдерживателя равна 10 м<sup>3</sup>, мощностью 4000—6000 дал —30 м<sup>3</sup>, свыше 8000 дал —50 м<sup>3</sup>. Полезный объем стерилизатора выбирается с учетом того, что барда выдерживается в течение 60 мин. Аппарат работает без избыточного давления.

Аппараты чистой культуры выполнены из нержавеющей стали. Они представляют собой вертикальный цилиндрической формы резервуар с коническим дном, снабженный змеевиками и воздушным барботером. Отношение высоты к диаметру составляет 2:1.

Дрожжанка для дрожжей чистой культуры изготавливается цилиндрической формы из нержавеющей стали. Отношение высоты к диаметру составляет 2,5:1. Она представляет собой закрытый резервуар объемом 8 м<sup>3</sup> с конусным дном, снабженный змеевиком и воздушным барботером.

Дрожжанка с перфорированным аэратором для выращивания засевных дрожжей объемом 30 м<sup>3</sup> выполнена из нержавеющей стали. Она представляет собой резервуар цилиндрической формы с крышкой, верхним люком, вытяжной трубой, рубашкой для охлаждения и сетчатыми панелями на дне для воздуха.

Дрожжегенератор представляет собой непрерывно действующий аппарат для выращивания засевных дрожжей, изготовленный из нержавеющей стали, цилиндрической формы, вертикальный, с крышкой, верхним и нижним люками, оборудован эрлифтным перемешиванием, диффузором и змеевиком.

Дрожжерастильный аппарат с эрлифтными аэраторами изготавливают из нержавеющей стали или стали марки Ст. 3 с антикоррозионным покрытием. Аппарат представляет собой вертикальный открытый цилиндр с конусным дном, оборудованный эрлифтной аэрацией конструкции УкрНИИСПа [5]. Внутри чана имеется девять вертикальных цилиндрических труб диаметром 250 мм, нижний конец которых имеет раструб. Воздух от воздуходувки подводится снизу в раструб, туда же

подводится питательная среда. Поступающий в раструбы воздух захватывает питательную среду, перемешивается в ней и выбрасывается на рассекатель в верхнем отверстии трубы. Такое активное перемешивание среды частично разрушает пену, в результате чего полезный объем дрожжерастильного чана увеличивается, а накопление дрожжевых клеток возрастает по сравнению с ранее применявшимися системами аэрации.

Объем дрожжерастильных аппаратов 325—600 м<sup>3</sup>. Их монтируют вне помещения рядом с высотной частью здания с выходом на обслуживающую площадку этих аппаратов из помещения.

На заводах мощностью до 4000 дал спирта в сутки устанавливают дрожжерастильные аппараты объемом 325 м<sup>3</sup>. На заводах мощностью свыше 4000 дал спирта в сутки экономически целесообразней ставить дрожжерастильные аппараты объемом 600 м<sup>3</sup>. Расход воздуха на аэрацию составляет 50—65 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup>/ч.оборот аппарата (средняя продолжительность пребывания среды в аппарате) для аппаратов объемом 325 м<sup>3</sup> составляет 6—9 ч. У аппаратов объемом 600 м<sup>3</sup> массообмен и циркуляция несколько ухудшаются, и оборот у них составляет 12 ч и выше, в связи с чем относительная производительность их несколько снижается.

Механический пеноотделитель — вертикальный, закрытый сосуд из нержавеющей стали, грибовидной формы, с пеноотделителем. Совместно с механическим пеногасителем он предназначается для деэмульгирования зрелой дрожжевой бражки, т. е. освобождения ее от пены. Так как в пене содержится во много раз больше дрожжей, чем в жидкости, то основное значение деэмульгирования состоит в том, чтобы по возможности погасить пену, смешать ее с жидкостью и в таком виде подавать на сепараторы.

Механический пеноотделитель состоит из пеноотделителя и пеноотстойника и представляет собой колонну закрытого типа, установленную на опорных стойках. Внутри пеноотделителя имеется диффузор с тангенциально подсоединенным к нему патрубком для ввода бражки. Непосредственно под диффузором в несколько ярусов укреплены конические тарелки со сливными трубами. Над пеноотделителем расположен цилиндрический пеноотстойник, снабженный в центральной части коническими тарелками со сливными трубами.

Подлежащая деэмульгированию бражка тангенциально вводится в кольцевой зазор, образованный внутренней стенкой диффузора и наружной цилиндрической поверхностью верхней тарелки. Двигаясь по зазору, вспененная бражка разделяется на жидкость и пену. Жидкость с мелкими пузырьками воздуха спускается по наружной поверхности конической тарелки, а пузырьки пены/ю внутренней их поверхности поднимаются к центру аппарата, всплывают вместе с основной пеной и попадают в пеноотстойник. Выделяющаяся из пены жидкость стекает по наружной поверхности тарелок в кольцевые желоба, а из них с помощью переливных труб отводится в пеноотделитель.

Отстоявшаяся пена по трубе попадает в механическое устройство для ее гашения, а обезпененная бражка из нижней части пеноотделителя подается на сепарацию.

Механический пеногаситель представляет собой барабан вместимостью 2,5—3 м<sup>3</sup>, разделенный внутри перегородкой на две части: механический пеногаситель и дегазатор, сообщающиеся между собой в верхней части посредством окна в перегородке находящегося выше уровня суспензии на 100—150 мм, а в нижней части — переточной куммуникацией, верхняя стенка которой приподнята в сторону движения суспензии. Механический пеногаситель снабжен двумя четырехлопастными

крыльчатками диаметром 150—200 мм, расположенными с торцевой стороны и вращаемыми от электродвигателей, установленных на кронштейне.

Дегазатор снабжен внутренним гидрозатвором, соединенным с воздушной трубой и расширителем. Штуцер для отвода дрожжевой суспензии, полученной в процессе пеногашения, расположен на такой высоте, чтобы вращающиеся крыльчатки пеногасителя были на 50—60 мм выше уровня дрожжевой суспензии.

В механическом пеногасителе пена разрушается на поверхности суспензии вращающимися крыльчатками, при этом газы отводятся в атмосферу через штуцер. Пеногашение улучшается при непрерывном добавлении пеногасящей эмульсии из дозатора. Дрожжевая суспензия, освобожденная от пузырьков в дегазаторе, самотеком поступает в сборник через расширитель.

Сборники дрожжевой суспензии делают из стали марки Ст. 3 с антикоррозионным покрытием вместимостью от 4 до 20 м<sup>3</sup> в зависимости от мощности цеха. Они оборудованы мешалкой, делающей 30—40 об/мин.

Плазмоллизатор предназначен для плазмоллиза дрожжей при нагревании их перед сушкой. Плазмоллизатор периодического действия изготавливается из нержавеющей стали с коническим дном, верхней крышкой, пропеллерной мешалкой и змеевиком для пара. Объем плазмоллизаторов в зависимости от мощности цеха равен 4—20 м<sup>3</sup>. Для нагрева дрожжевого концентрата в плазмоллизаторе установлен медный змеевик, обогреваемый паром. Поверхность змеевика рассчитывается на нагрев дрожжевого концентрата от 35 до 95°С в течение 1 ч.

При периодической работе устанавливают два плазмоллизатора, работающих попеременно.

Пластинчатый теплообменник с поверхностью охлаждения 160 м<sup>2</sup> из нержавеющей стали состоит из тонких пластин, количество которых определяется его производительностью. Пластины штампуют из тонкой нержавеющей стали. По обеим сторонам пластин в противотоке тонким слоем протекают охлаждаемая и охлаждающая жидкость. Между пластинами по периферии в пазах укладывают формованные резиновые прокладки, прикрепляемые к пластинам специальным клеем. Эти прокладки исключают возможность смешения теплообменивающихся жидкостей и утечку их.

При необходимости пластины могут быть разделены на секции, что позволяет в одной секции теплообменника охлаждать первичную барду сначала (от 100 до 65°С) вторичной бардой, а затем в двух последующих секциях водой (от 65 до 25°С).

Наличие большой поверхности охлаждения и небольшая толщина пластин обеспечивают пластинчатым теплообменникам возможность работать при разности температур 3—5°С между охлаждаемой и нагреваемой жидкостями, что обеспечивает небольшой расход охлаждающей воды. При охлаждении барды водой на одной стороне могут отлагаться загрязнения из барды, а на другой — известковые соли, выпадающие из воды. Поэтому рекомендуется через каждые 3—4 сут непрерывной работы изменять направление потоков воды и барды.

Теплообменник снабжен термометрами (на входе и выходе барды) и манометром и рассчитан на рабочее давление до 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>).

Пластинчатые теплообменники по сравнению с трубчатыми имеют следующие преимущества: меньшие габаритные размеры, процесс охлаждения стерильный; аппарат легко и быстро очищается, коэффициент теплопередачи значительно выше; исключена возможность смешения теплообменивающихся жидкостей; размеры аппарата небольшие.[5]

Сепараторы отечественного производства марки ВСБ-М для выделения дрожжей из бражки номинальной производительностью 18 м<sup>3</sup>/ч кислотостойкие рекомендуются для цехов на заводах производительностью до 3000 дал в сутки, при более высокой производительности нужно устанавливать сепараторы марки ВСЖ-2 номинальной производительностью 25 м<sup>3</sup>/ч или импортные марки АДК-6, ДА-6, ДДВ-6 номинальной производительностью 20—25 м<sup>3</sup>/ч.

Сетчатые фильтры для очистки бражки от твердых примесей представляют собой закрытые цилиндры со съемной верхней крышкой, конусным дном, сеткой и спускным клапаном. Объем фильтра 0,2 м<sup>3</sup>. Сетка выполнена из латуни с отверстиями диаметром 0,3—0,5 мм. Периодически ее вынимают из чистки.

Сушилки для высушивания дрожжевой суспензии применяют двух типов: вальцовые, в которых испарение влаги происходит под действием тепла горячих поверхностей вальцов, и распылительные, где для испарения влаги используются тепло воздуха, нагретого газами горения, или непосредственно газы горения.

В распылительных сушилках высушиваемый продукт в распыленном виде находится в потоке нагретого воздуха. В результате тесного контакта продукта с теплоносителем влага моментально испаряется и вместе с воздухом — теплоносителем — удаляется из сушильной камеры. При быстром высушивании (15—20 с) белок не портится и продукт не темнеет. Готовый продукт выходит из распылительной сушилки в виде тонкодисперсного порошка, не требующего какой-либо дополнительной обработки.

Процесс полностью механизирован и автоматизирован, протекает в закрытой аппаратуре, предотвращающей выделение пыли в помещение.

Достоинства распылительных сушилок обуславливают целесообразность их применения при производстве дрожжей, несмотря на их относительно высокую стоимость.

Распылительная сушилка выполнена в виде большой стальной цилиндрической камеры. В зависимости от производительности, которая определяется по испарению влаги в час, диаметр сушильных камер может быть от 4 до 15 м, высота — до 8 — 15 м. Днище камеры делается в виде удлиненного конуса.

Дрожжевой концентрат подается на быстро вращающийся распылительный диск, установленный сверху сушильной камеры. Диск диаметром 210—270 мм при помощи специального приводного механизма вращается с частотой 6000—20000 об/мин. Центробежной силой жидкость отбрасывается на периферию в виде мельчайших капелек.

Под распылительным диском помещено воздухораспределительное устройство, в которое поступает воздух, нагретый до 300°С. Воздух и распыленная до мельчайших капелек суспензия движутся навстречу друг другу, при этом температура воздуха снижается до 95—98°С. Скорость теплоносителя в сушильной камере небольшая (0,2—0,4 м/с).

В качестве сушильного агента применяют смесь топочных газов с воздухом, расчетная температура смеси на входе в камеру 300°С, на выходе 90°С.

Сушильный агент (горячий воздух) подводится по газоходу, снабженному рубашкой воздушного охлаждения. Газоход заканчивается завихривающей головкой, снабженной поворотными лопастями, с помощью которых можно регулировать размер целевых выходов для сушильного агента и направление по отношению к оси газохода и камеры. Отработавший сушильный агент отводится из камеры по газоходу.

На конической части сушилки установлены четыре вибратора для побуждения передвижения осевших на конус дрожжей к выгрузателю, прикрепленному к вершине конуса. Сухие дрожжи выводятся из камеры через выгрузатель в систему пневмотранспорта.

Распиливающие центробежные диски обеспечивают равномерное тонкое распыливание растворов с широким диапазоном вязкости, включая грубодисперсные системы. Размеры выходных отверстий дисков достаточны для прохода раствора, поэтому отверстия не засоряются и работают надежно. Кроме того, центробежные диски обеспечивают большой диапазон изменения производительности сушилки, которую можно регулировать в пределах 25% без существенного изменения дисперсности и диаметра факела распыливания.

Распылительные сушилки можно устанавливать вне здания и в закрытых помещениях. Они работают непрерывно, легко автоматизируются и удобны для обслуживания. В высушенных на этих сушилках дрожжах содержится на 8—12% больше белка, окраска дрожжей более светлая, чем дрожжей, высушенных на вальцовой сушилке.

Помимо центробежных распылителей применяют распылители суспензии под большим давлением через форсунки или пневматические при помощи сжатого воздуха. Расход электроэнергии при центробежном распылиании составляет 15—20 кВт·ч на 1 т раствора, при форсуночном механическом— 5—10 и при пневматическом — 40—60 кВт·ч. Основным недостатком форсуночного распыливания является износ материала распыливающих сопел, вследствие чего выходные отверстия сопел увеличиваются в диаметре и теряют правильную форму, что приводит к ухудшению степени диспергирования суспензии и, как следствие, выходу недосушенного продукта, возможно их засорение при попадании с суспензией взвешенных веществ.

В зависимости от мощности спиртовых заводов для цехов кормовых дрожжей могут быть установлены двухвальцовые сушилки СДА производительностью 1200 кг/ч испаренной влаги, а на заводах мощностью свыше 3000 дал в сутки целесообразно устанавливать распылительные сушилки СРЦ производительностью 1600 и 3200 кг/ч испаренной влаги.

Высушенные дрожжи отбираются в основном через штуцер в самой нижней части конуса, откуда они сжатым воздухом подаются через циклон-сепаратор в бункер. Отработавший влажный воздух, в котором содержится дрожжевая пыль, проходит батарею циклонов или рукавный фильтр, что предотвращает потерю дрожжей. Дрожжевой порошок, отделенный в циклонах или рукавном фильтре, присоединяется к основному потоку сухих дрожжей. Дрожжи пневматическим транспортом передаются в бункер.

Имеющиеся в меласной барде органические кислоты (молочная, уксусная, муравьиная и пр.) способствуют коррозированию углеродистой стали. Хлористые соли, образующиеся при подкислении мелассы и барды соляной кислотой, усиливают коррозию металла, этим и объясняется быстрый износ оборудования. Емкости и другое оборудование, изготовленное из любого металла, кроме нержавеющей стали, рекомендуется покрывать антикоррозионными покрытиями, что значительно увеличивает срок службы оборудования.

Для надежности защитных покрытий большое значение имеет тщательная очистка металла от ржавчины и загрязнений кварцевым песком с помощью пескоструйного аппарата и сжатого воздуха от компрессора. [5]

### 8.3. Производство кормовых дрожжей на зерно-картофельной барде

Аппаратурно-технологическая схема производства кормовых дрожжей на зерно-картофельной барде: барда подается на барабанное сито с отверстиями диаметром 1—1,2 мм. Отделяемая на сите дробина (твердые частицы) спускается в сборник. Грубый фильтрат поступает в сборник, откуда насосом через магнитный осадитель подается в теплообменник. В теплообменнике фильтр охлаждается до температуры 33—35°C. Магнитный осадитель применяют для уменьшения отложений солей на внутренней поверхности труб теплообменника. Охлажденный фильтр барды непрерывно поступает в дрожжерастильный аппарат, куда из сборника подается раствор аммония, а из другого сборника — раствор серной кислоты.

Выращивание дрожжей ведется по непрерывному способу при постоянной аэрации среды: за 6 ч происходит полная смена среды в растильном аппарате. Воздух для аэрации подается воздуходувкой, на всасывающем патрубке которой устанавливается висциновый фильтр.

Из дрожжерастильного аппарата зрелая дрожжевая бражка непрерывно отбирается в пеногаситель, из которого насосом через сепаратор газов подается в пескоулавливатель, а затем в сборник, из которого она поступает на вибросито, где отделяется дробина. В вибросите устанавливается капроновая сетка № 21 (размер ячеек сита 0,22 мм). Дробина поступает в сборник дрожжевого концентрата, а дрожжевая бражка — в сборник, откуда насосом подается на сепаратор. На сепараторе дрожжевая бражка сгущается до 9—10% сухих веществ. Отходящий фугат, если не используется в основном производстве для замены части воды при тепловой обработке сырья, направляется в сборник, где смешивается с дробинкой и в виде вторичной барды подается на бардораздатчик. Дрожжевой концентрат вместе с дробинкой из сборника насосом подается на распылительную или вальцовую сушилку [11].

Маточные дрожжи выращивают в аппарате чистой культуры, состоящем из маточника и посевного чанка. Фильтрат барды для маточной культуры подается из сборника насосом.

Основным оборудованием в производстве кормовых дрожжей являются разделительное сито для отделения дробины, теплообменник для охлаждения барды, сборник-смеситель для приготовления среды, сборник-декантатор для приготовления раствора сернокислого аммония, дрожжерастильные аппараты, сепараторы, сушилки, фасовочные машины.

Разделительное сито служит для отделения дробины. В корпусе вращается конусное сито с отверстиями 1—1,2 мм, выполненное из латунного или стального нержавеющей листа. Внутри конусного сита имеется винтообразная перегородка, расположенная по всей его длине. Конусное сито специальными скрепками прикреплено к валу, который приводится во вращение от электродвигателя через редуктор. Барда поступает по трубе в узкую часть конусного сита и, проходя по сетчатой поверхности к выходу, фильтруется, фильтрат собирается в нижней части кожуха и уходит через штуцер. Дробина по направляющей винтообразной поверхности при вращении сита передвигается к выходу и удаляется. В верхней части корпуса имеется штуцер для отвода паров, выделяющихся из барды.

Теплообменники применяют для охлаждения питательной среды. При производстве дрожжей на зерно-картофельной барде используют трубчатые теплообменники типа «труба в трубе», изготавливаемые из медных труб или нержавеющей стали. Обычно они состоят из нескольких секций с поверхностью 10—12 м<sup>2</sup>. Коэффициент

теплопередачи для медных трубчатых теплообменников. 580 Вт/ (м<sup>2</sup> • К) [500 ккал/Дм<sup>2</sup> • ч)].

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации и исключения инфицирования питательной среды теплообменники периодически, через трое суток, отключают, моют и пропаривают. Один- два раза в месяц в зависимости от качественных показателей охлаждающей воды теплообменные поверхности очищают от отложений и накипи.

Сборник-смеситель служит для непрерывного приготовления питательной среды путем смешивания грубого фильтрата барды с растворами питательных солей. Смеситель представляет собой цилиндрический сосуд с крышкой и конусным днищем. Полезная вместимость его рассчитана на 40—45-минутную производительность цеха. Отношение высоты к диаметру составляет (1,5—2):1. Смеситель изготавливают из нержавеющей стали. Смешивание растворов с бардой достигается тангенциальным вводом барды в его нижнюю часть. Смеситель работает непрерывно при постоянном уровне, для наблюдения которого устанавливается указатель. Приток барды и растворов питательных солей, а также отбор готовой питательной среды регулируются по ротаметру и расходомером.

Чан-декантатор служит для приготовления растворов питательных солей, а также для получения суперфосфатной вытяжки, для чего устанавливают три отдельных чана, вместимость каждого из которых рассчитана на суточную потребность цеха.

Аппарат представляет собой цилиндрический сосуд с нижним коническим днищем, снабженный мешалкой, делающей 40—60 об/мин. Отношение высоты к диаметру равно 1:0,85. Чаны изготавливаются из нержавеющей или углеродистой стали с внутренним антикоррозионным покрытием, мешалка пропеллерного типа. Полезный объем составляет 0,9 общего. Чаны-декантаторы и сборники вытяжки объединяют между собой и с насосами с помощью трубопроводов из кислотостойких металлов или пластмасс.

Дрожжерастильные аппараты предназначены для выращивания товарных кормовых дрожжей при энергичной аэрации.

Наиболее распространены в цехах кормовых дрожжей дрожжерастильные аппараты с эрлифтным воздухораспределением. Аппарат состоит из цилиндрического корпуса высотой 13—15 м с внутренним направляющим цилиндром, по центру которого проходит труба для подачи воздуха, заканчивающаяся у дна специальным воздухораспределителем. Направляющий цилиндр — диффузор — служит также для охлаждения среды, в связи с чем он имеет двойные стенки, в которых циркулирует вода.

Питательная среда (сусло) подается по трубе через воронку. Питательная среда поступает в приемную чашу. Воздух, поступающий по трубе, проходит в аппарат через щелевые зазоры под приемной чашей. Пройдя эти зазоры со скоростью 20—25 м/с, воздух раздробляется и устремляется вверх, увлекая питательную среду в диффузор, между стенками которого проходит охлаждающая вода. Диффузор крепится на стойках [11].

Проходя указанный путь, воздух и питательная среда образуют эмульсию, плотность которой по сравнению с плотностью среды снижается примерно в три раза, в связи с чем объем ее соответственно увеличивается, и ее уровень достигает 12—13 м, хотя питательная среда набирается до уровня около 4—4,5 м. Питательная среда и воздух поступают непрерывно. Также непрерывно через патрубок готовая дрожжевая суспензия в виде эмульсий выводится из аппарата в деэмульгатор и пеногаситель. Кроме внутреннего охлаждения через диффузор аппарат имеет наружное охлаждение

— внешняя его поверхность орошается водой из барботера. Внизу аппарата имеется круговой воротник, в котором орошаемая вода собирается и удаляется в канализацию.

#### **8.4. Техника безопасности**

В сушильных цехах следует соблюдать следующие правила техники безопасности.

Все движущиеся части оборудования ограждают защитными кожухами. Паропроводы и трубопроводы для транспортировки горячих жидкостей изолируют, электродвигатели и оборудование заземляют. Для устранения вибрации и шума оборудование устанавливают на резиновых подкладках. Наружные цистерны с кислотами ограждают и снабжают предупредительными надписями.

Отделение приготовления растворов и другие отделения, связанные с выделением вредных паров, оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией.

Разрешается пользование переносными светильниками только пониженного напряжения (36—12 В). Категорически запрещается выращивание дрожжей при рН 5,5—6 и выше, так как при этом развивается массовая бактериальная микрофлора с выделением весьма вредных для здоровья окислов азота и других газов.

Перед пуском сепараторов обязательно проверяют их исправность. При включении сепаратора, как только он достигает критических оборотов, сейчас же подают на него бражку. Не допускается работа сепаратора при вибрации.

Сушка дрожжей распылением должна быть непрерывной с соблюдением инструкции завода-изготовителя сушилки. Процесс сушки следует немедленно прекратить в случае неполадок в распылительном механизме загорания дрожжей в камере или пневмопроводах и при повреждении оборудования. При появлении признаков горения нужно немедленно остановить сушилку и подать пар в камеру. Сметать или тушить тлеющий очаг внутри или вне оборудования струей воды либо другим способом, при котором поднимается пыль, запрещается.

При возникновении хлопков, свидетельствующих о разрыве пластин предохранительных клапанов, сушильную установку нужно аварийно остановить, осмотреть и выяснить их причины. После устранения последствий хлопка пластины взрывных предохранительных клапанов заменяют новыми. На бункерах товарных дрожжей должны быть взрывные клапаны. Отделение сепараторов, воздуходушных машин и распылительной сушилки оборудуются аварийным освещением. При вибрации или необычном шуме турбовоздуходувку останавливают для выяснения причин неисправности [3].

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какое основное оборудование применяется для получения кормовых дрожжей сепарированием из барды?
2. Для какой цели необходима установка сетчатых фильтров?
3. До какой температуры необходимо охлаждать барду перед сепарацией?
4. Какие предохранительные устройства имеются на вальцовых сушилках?
5. Как устроен дрожжерастильный аппарат?
6. Каково устройство деэмульгатора?
7. Каково устройство распылительной сушилки?
8. Каковы правила техники безопасности в дрожжевом цехе?
9. Какие существуют средства защиты металла от коррозии?

10. В каких отделениях цеха необходимо аварийное освещение?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная

1. **Клунова, С.М.** Биотехнология/ С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.

##### Дополнительная

1. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>

2. Журналы: «Пищевая промышленность», «Биотехнология».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бабьева, И.П.** Биология дрожжей/ И.П. Бабьева, И.Ю. Чернов. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 239 с.
2. Технология пищевых производств/ под общей ред. А.П. Нечаева. – М.: КолосС, 2005. – 768 с.
3. **Семихатова, Н.М.** Производство дрожжей. Учебное пособие./ Н.М. Семихатова, М.В. Малыгина, С.П. Папок. – М.: Издательство «Пищевая промышленность», 1967. – 155 с.
4. **Палагина, К.К.** Технологические расчеты дрожжевого производства/ К.К. Палагина. – М.: Пищевая промышленность, 2008. – 54 с.
5. **Борисова, С.В.** Использование дрожжей в промышленности/ С.В. Борисова, О.А. Решетник, З.Ш. Мингалева. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 216 с.
6. **Клунова, С.М.** Биотехнология/ С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.
7. базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, Агропоиск, полнотекстовая база данных иностранных журналов Doal, поисковые системы Rambler, Yandex, Google:
8. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
9. НЕБ - <http://elibrary.ru>
10. База данных «Агропром зарубежом» <http://polpred.com>
11. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>Лекция 1. Микробиология дрожжевого производства</b> .....	4
1.1. Характеристика микроорганизмов дрожжевого производства.....	4
1.2. Микрофлора мелассы.....	4
1.3. Микрофлора воды и воздуха.....	8
1.4. Вторичные источники инфекции.....	9
1.5. Микробиологический контроль дрожжевого производства.....	11
<b>Лекция 2. Сырье для производства хлебопекарных дрожжей</b> .....	14
2.1. Основное сырье.....	14
2.2. Вспомогательные материалы.....	16
<b>Лекция 3. Приготовление питательных сред</b> .....	17
3.1. Приготовление раствора мелассы.....	18
3.2. Технологические режимы переработки мелассы различного качества.....	19
3.3. Выращивание дрожжей на сульфитных щелоках.....	19
<b>Лекция 4. Получение маточных и задаточных дрожжей</b> .....	22
4.1. Схема получения маточных дрожжей по режиму ВНИИХПа.....	23
4.2. Получение задаточных дрожжей.....	24
<b>Лекция 5. Сушка дрожжей</b> .....	26
5.1. Особенности сушки дрожжей.....	26
5.2. Режимы сушки.....	26
5.3. Сушка в ленточной сушилке.....	27
5.4. Сушка в шахтной сушилке ВИС-42Д.....	27
5.5. Сушка в виброкипящем слое.....	28
5.6. Сушка под вакуумом.....	28
5.7. Сушка методом сублимации.....	29
<b>Лекция 6. Технология производства сушеных дрожжей</b> .....	30
6.1. Новый способ получения сухих дрожжей.....	30
<b>Лекция 7. Технология производства пивных дрожжей</b> .....	34
7.1. Характеристика пивных дрожжей.....	34
7.2. Производство сухих пивных дрожжей.....	35
7.3. Установка для переработки дрожжей.....	36
7.4. Сушка дрожжей.....	36
<b>Лекция 8. Производство кормовых дрожжей</b> .....	41
8.1. Оборудование для производства кормовых дрожжей, сепарируемых из мелассной барды.....	41
8.2. Оборудование для производства кормовых дрожжей, выращиваемых на барде.....	42
8.3. Производство кормовых дрожжей на зерно-картофельной барде.....	48
8.4. Техника безопасности.....	50
<b>Библиографический список</b> .....	52
<b>Содержание</b> .....	53