

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

Н. Ф. Клещев, М. П. Бенько

**ОБЩАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ
БИОТЕХНОЛОГИЯ:**

Технология бродильных производств

Учебное пособие

Харьков 2007

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

Н. Ф. Клещев, М. П. Бенько

**ОБЩАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ
БИОТЕХНОЛОГИЯ:**

Технология бродильных производств

Учебное пособие

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 2 от 21.06.2007 г.

Харьков НТУ «ХПИ» 2007

ББК 36.87
К48
УДК 663.1(075)

Рецензенты:

А. И. Божков, д-р биол. наук, профессор, директор НИИ биологии,
зав. кафедрой биотехнологии ХГУ им. В. Н. Каразина

Ю. Л. Волянский, д-р мед. наук, профессор, директор НИИ микробиологии
и иммунологии им. И. И. Мечникова

Посібник містить відомості про технології деяких видів бродильних виробництв: солода, пива, хлібного квасу, вина, спирту з сировини, яка містить крохмаль та цукор, хлібопекарських та кормових дріжджів. Розглядаються закономірності розмноження й росту дріжджів та других мікроорганізмів, будова і метаболізм дріжджової клітини, а також основні біотехнологічні процеси у даних виробництвах.

Призначено для студентів біотехнологічного напрямку підготовки.

Клещев Н. Ф.

К48 Общая промышленная биотехнология: Технология бродильных производств: Учеб. пособие / Н. Ф. Клещев, М. П. Бенько. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 200 с. – На рус. яз.

ISBN 978-966-593-563-6

Пособие содержит сведения о технологии некоторых видов бродильных производств: солода, пива, хлебного кваса, вина, спирта из крахмалосодержащего и сахаросодержащего сырья, хлебопекарных и кормовых дрожжей. Рассматриваются закономерности размножения и роста дрожжей и других микроорганизмов, строение и метаболитизм дрожжевой клетки, а также основные биотехнологические процессы в данных производствах.

Предназначено для студентов биотехнологического направления подготовки.

Ил. 26. Табл. 19. Библиогр.: 37 назв.

ББК 36.87

ISBN 978-966-593-563-6

© Н. Ф. Клещев, М. П. Бенько, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
Раздел 1. Основные закономерности размножения и роста дрожжей и других микроорганизмов	9
1.1. Стадии развития культур микроорганизмов.....	9
1.1.1. Методы культивирования микроорганизмов.....	9
1.1.2. Основные факторы, влияющие на рост и размножение микроорганизмов.....	11
1.2. Дрожжи в бродильных производствах.....	13
1.2.1. Строение дрожжевой клетки.....	14
1.2.2. Химический состав дрожжевой клетки.....	15
1.2.3. Метаболизм дрожжевой клетки.....	17
Раздел 2. Технология основных видов бродильных производств	20
2.1. Технология производства солода.....	20
2.1.1. Ячмень и его химический состав.....	22
2.1.2. Оценка качества ячменя.....	23
2.1.3. Очистка и сортировка зерна.....	24
2.1.4. Замачивание зерна.....	25
2.1.4.1. Процессы, способы и определение степени замачивания.....	25
2.1.5. Проращивание ячменя.....	27
2.1.5.1. Процессы, происходящие при солодоращении.....	27
2.1.6. Сушка солода.....	29
2.2. Производство пива.....	30
2.2.1. Общие понятия о пиве.....	30
2.2.2. Вода для пивоварения.....	32
2.2.3. Хмель и продукты его переработки.....	34
2.2.3.1. Химический состав хмеля.....	34
2.2.3.2. Продукты переработки хмеля.....	35
2.2.4. Принципиальная схема приготовления пивного сусла.....	36
2.2.4.1. Подготовка и дробление зернопродуктов.....	36
2.2.4.2. Способы затирания, происходящие процессы и влияющие факторы.....	37
2.2.4.3. Фильтрование затора.....	40
2.2.4.4. Кипячение сусла с хмелем.....	44
2.2.5. Осветление и охлаждение сусла.....	46
2.2.6. Дрожжи в пивоварении.....	47
2.2.6.1. Обмен веществ дрожжевых клеток.....	47
2.2.6.2. Размножение дрожжей.....	50
2.2.6.3. Разведение чистой культуры дрожжей.....	51
2.2.7. Классическое брожение и созревание пива.....	52

2.2.7.1. Процессы при главном брожении.....	52
2.2.7.2. Ведение главного брожения.....	54
2.2.7.3. Дображивание и созревание пива.....	55
2.2.7.4. Брожение и созревание пива в цилиндрических танках.....	59
2.2.8. Фильтрование пива.....	62
2.2.8.1. Виды фильтров и вспомогательные фильтрующие средства.....	62
2.2.8.2. Тонкость фильтрования.....	65
2.2.8.3. Карбонизация и стабилизация пива.....	67
2.2.9. Технологические требования к разливу пива.....	69
2.2.10. Готовое пиво.....	72
2.2.10.1. Питательная ценность пива.....	72
2.2.10.2. Вкусовые достоинства пива и недостатки.....	72
2.2.10.3. Стойкость пива и пути её увеличения, пастеризация.....	73
2.2.10.4. Технохимический и микробиологический контроль.....	75
2.3. Технология производства кваса.....	81
2.3.1. Общая характеристика и технологическая схема производства кваса.....	81
2.3.2. Стойкость кваса и требования к качеству.....	85
2.4. Технология производства этилового спирта.....	87
2.4.1. Производство спирта из крахмалосодержащего сырья.....	89
2.4.1.1. Основные виды крахмалосодержащего сырья.....	89
2.4.1.2. Приём и хранение крахмалосодержащего сырья.....	92
2.4.1.3. Подготовка крахмалосодержащего сырья к переработке.....	94
2.4.1.4. Водно-тепловая обработка крахмалосодержащего сырья.....	95
2.4.1.5. Химические превращения углеводов, азотистых и других веществ.....	97
2.4.1.6. Осахаривание разваренной массы, осахаривающие материалы.....	102
2.4.1.7. Спиртовые дрожжи.....	104
2.4.1.7.1. Условия жизнедеятельности дрожжей.....	105
2.4.1.7.2. Способы культивирования дрожжей в производстве спирта из крахмалосодержащего сырья.....	107
2.4.1.8. Сбраживание крахмалосодержащего сусла.....	109
2.4.2. Производство спирта из сахаросодержащего сырья.....	110
2.4.2.1. Меласса и её химический состав.....	110
2.4.2.2. Сбраживание мелассного сусла.....	112

2.4.2.2.1. Способы культивирования дрожжей в производстве спирта из сахаросодержащего сырья.....	112
2.4.2.2.2. Способы сбраживания.....	114
2.4.3. Выделение спирта из бражки.....	115
2.4.3.1. Получение спирта-сырца.....	116
2.4.3.2. Получение ректификованного спирта.....	118
2.4.4. Технохимический контроль спиртового производства.....	119
2.5. Технология производства вина.....	127
2.5.1. Классификация виноградных вин.....	127
2.5.2. Основные стадии производства виноградного вина.....	129
2.5.2.1. Производство белых столовых вин.....	132
2.5.2.2. Особенности производства красных столовых вин.....	135
2.5.2.3. Особенности производства крепких и десертных вин.....	135
2.5.2.3.1. Особенности приготовления “Портвейна”.....	138
2.5.2.3.2. Особенности приготовления “Мадеры”.....	139
2.5.2.3.3. Особенности приготовления “Хереса”.....	139
2.5.2.4. Производство игристых вин.....	141
2.5.2.4.1. Особенности получения и обработки шампанских виноматериалов.....	141
2.5.2.4.2. Методы шампаннизации.....	143
2.5.3. Классификация плодово-ягодных вин.....	147
2.5.4. Получение плодово-ягодного сусла и подготовка его к брожению.....	149
2.5.5. Брожение, обработка и выдержка плодово-ягодных вин.....	150
2.5.6. Химико-технологический и микробиологический контроль производства вина.....	151
2.6. Производство хлебопекарных дрожжей.....	154
2.6.1. Основные стадии производства хлебопекарных дрожжей на специализированных дрожжевых заводах.....	155
2.6.1.1. Приготовление питательной среды.....	156
2.6.1.2. Выращивание дрожжей.....	159
2.6.1.2.1. Факторы, влияющие на накопление биомассы.....	159
2.6.1.2.2. Выращивание посевных дрожжей.....	160
2.6.1.2.3. Выращивание товарных дрожжей.....	162
2.6.1.3. Выделение дрожжей из жидкой среды.....	164
2.6.1.4. Формирование, упаковка, хранение и сушка дрожжей.....	164
2.6.2. Особенности производства дрожжей на спиртзаводах.....	165
2.6.3. Химико-технологический и микробиологический контроль производства хлебопекарных дрожжей.....	168
2.7. Производство кормовых дрожжей.....	173

2.7.1. Приготовление питательной среды.....	173
2.7.2. Выращивание кормовых дрожжей.....	175
2.7.2.1. Размножение чистой культуры дрожжей.....	175
2.7.2.2. Непрерывно-проточное выращивание.....	177
2.7.2.3. Способы выращивания дрожжей.....	177
2.7.2.4. Регулирование процесса выращивания.....	179
2.7.2.5. Аппаратурное оформление и интенсификация процесса.....	179
2.7.3. Выделение, сушка и гранулирование дрожжей.....	183
2.7.4. Химико-технологический и микробиологический контроль производства кормовых дрожжей.....	184
Раздел 3. Мойка и дезинфекция на предприятиях бродильной промышленности.....	191
3.1. Основные определения.....	191
3.2. Материалы, используемые в пищевой промышленности.....	192
3.3. Моющие и дезинфицирующие средства.....	193
3.4. Проведение мойки, дезинфекции и пенной обработки.....	195
Список литературы.....	197

ВВЕДЕНИЕ

Биотехнология – это организованная человеком деятельность микроорганизмов, направленная на получение определённого продукта.

Применение биологических процессов и систем в производстве – вот чем занимается современная биотехнология. Более конкретно биотехнологические методы включают микробиологический синтез, генную инженерию, клеточную и белковую инженерию, инженерную энзимологию, культивирование клеток растений, животных и бактерий, методы слияния клеток.

Исторически биотехнология возникла на основе традиционных микробиологических (большой частью бродильных) производств, ведь многие подобные “технологии” неосознанно применялись ещё в древности. Дальнейшее развитие этих традиционных биопроизводств было связано с успехами в области биохимии и других наук биологического цикла.

Современная биотехнология широко распространена в пищевой промышленности и является основой технологии производства многих пищевых продуктов. Так, хлеб, вино, пиво, квас, спирт – продукты, в производстве которых главную роль играют микроорганизмы – дрожжи.

Различные микроорганизмы используются при производстве сыров и кисломолочных продуктов. Под действием уксуснокислых бактерий вино и этиловый спирт превращается в уксусную кислоту. Лимонную кислоту получают путём микробного биосинтеза из сахаросодержащего сырья. Молочную кислоту получают путём брожения молочнокислых бактерий из глюкозы. Глютаминовая кислота синтезируется микроорганизмами – бактериями родов *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Corynebacterium*. Глюкозо-фруктозные сиропы, пищевой белок, некоторые витамины, антибиотики – это также продукты биотехнологий.

В пищевой промышленности широко используются такие микроорганизмы, как дрожжи, молочнокислые бактерии, уксуснокислые бактерии, плесени. Эти микроорганизмы различаются по строению, размерам, способу

размножения, реакции со свободным кислородом, условием роста, способности действовать на различные субстраты. Но они сходны в том, что активно развиваются и содержат биохимические катализаторы – ферменты, при помощи которых катализируют вызываемые ими реакции.

Живые клетки микроорганизмов продуцируют множество различных ферментов, которые подразделяются на два типа: экзоферменты и эндоферменты. *Экзоферменты* выделяются клетками и действуют вне клеток на органические вещества среды – углеводы, белки, жиры. *Эндоферменты* образуются и остаются внутри живых клеток и катализируют изменение или разложение (диссимиляцию) питательных веществ внутри клеток. Продукты разложения могут входить в клеточную протоплазму или выделяться через оболочку клетки в среду.

Микроорганизмы брожения нашли широкое техническое применение благодаря тому, что они легко культивируются, быстро развиваются в благоприятных питательных средах, синтезируют большое число ферментов, вызывающих соответствующие химические изменения сложных органических веществ в сравнительно простых производственных условиях, и сохраняют в этих условиях физиологическое постоянство.

Различают три основные группы бродильных производств.

- Производства, основанные на применении дрожжей: производство этилового спирта, глицерина, хлебопекарных и кормовых дрожжей, вина, пива, кваса.

- Производства, основанные на применении бактерий: производство органических растворителей – ацетона и бутилового спирта, производство уксусной, молочной, масляной, пропионовой кислот.

- Производства, основанные на применении плесневых грибов: производство лимонной, глюконовой, итаконовой, фумаровой кислот.

Производства первой группы, относятся к бродильной промышленности, а производства второй и третьей группы – к микробиологической промышленности.

Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ И РОСТА ДРОЖЖЕЙ И ДРУГИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Дрожжи, бактерии и плесени размножаются путём почкования или деления, при этом из одной клетки образуются две или более полноценных особей, каждая из которых при благоприятных условиях в свою очередь делится, и таким образом этот процесс продолжается бесконечно. Бактерии размножаются делением надвое, и, следовательно, их число растёт в геометрической прогрессии.

Все дрожжи семейства *Saccharomyces* и некоторые бактерии размножаются почкованием. Дрожжи семейства *Schizosaccharomyces* размножаются делением. Образовавшиеся дочерние клетки иногда расходятся сразу же после деления, а иногда по прошествии некоторого времени; они могут также оставаться соединёнными в цепочки, гроздьи или пакеты.

1.1. Стадии развития культур микроорганизмов

Культивирование микроорганизмов может быть периодическим и непрерывным. При периодическом культивировании микроорганизмы проходят ряд характерных стадий (фаз) развития, сменяющих одна другую в определённой последовательности. Различают пять основных стадий: лаг-фазу (или начальную), экспоненциальную (или логарифмическую), замедленного роста, стационарную и фазу отмирания. Характер этих стадий зависит от физиологического состояния клеток и различных факторов среды.

Лаг фаза (начальная). В этой фазе происходит процесс приспособления микроорганизмов к новой среде и окружающим условиям. Увеличение численности микроорганизмов в этой фазе не происходит. Продолжительность фазы зависит главным образом от условий предварительного культивирования и от того, насколько пригодна для их роста данная питательная среда.

Экспоненциальная фаза. Это фаза интенсивного размножения. В этой стадии клетки размножаются с максимальной для данной культуры скоростью. В экспоненциальной фазе большинство клеток являются физиологически молодыми и биологически активными. Если такую культуру перенести в другой сосуд с такой же питательной средой, то скорость роста микроорганизмов останется такой же без лаг-фазы. Если же пересев культуры производится в любой другой фазе цикла, кроме экспоненциальной, лаг-фаза всегда присутствует.

Фаза замедленного роста. В этой фазе, при общем нарастании числа клеток, начинает увеличиваться продолжительность генерации, т.е. скорость размножения популяции постепенно снижается. Это объясняется тем, что че-

рез несколько часов в питательной среде создаются неблагоприятные условия:

- уменьшается концентрация питательных веществ;
- изменяется рН среды;
- часть клеток гибнет.

Интенсивность деления клеток снижается, а гибель клеток возрастает, рост числа живых клеток происходит все медленнее.

Стационарная фаза. Эта фаза наступает тогда, когда абсолютное число клеток в популяции перестаёт увеличиваться, хотя многие из них находятся в стадии активного деления. Число вновь образующихся и погибающих или находящихся в стадии покоя клеток приблизительно одинаково.

Фаза отмирания. В этой фазе скорость отмирания микроорганизмов превышает скорость их размножения. Число живых клеток уменьшается. Уменьшается и суммарная биомасса культуры из-за начавшегося автолиза.

1.1.1. Методы культивирования микроорганизмов

Культивирование микроорганизмов могут быть периодическими и непрерывными. Когда применяют *периодический метод* культивирования микроорганизмов, то весь объем питательной среды загружают в аппарат сразу, добавляют посевной материал и при оптимальных условиях продолжают процесс до тех пор, пока не накопится нужное количество биомассы микроорганизмов или продуктов их жизнедеятельности – метаболитов.

Недостатком периодического метода культивирования является то, что в ходе культивирования изменяется состав питательной среды, увеличивается содержание метаболитов, что отрицательно сказывается на темпах роста, морфологии и физиологии культивируемого микроорганизма.

Технологические трудности – это циклический ход операций, сменные технологические режимы, что затрудняет контроль и регулирование процесса. Эти недостатки устраняются при непрерывных методах культивирования. При этих методах в ферментатор непрерывным потоком поступает свежая питательная среда, а из него непрерывно вытекает готовая культуральная жидкость вместе с клетками введенной культуры микроорганизма.

При непрерывном культивировании можно задержать культуру на любой стадии развития и заставить клетки непрерывно размножаться с соответствующей скоростью по экспоненциальному закону.

1.1.2. Основные факторы, влияющие на рост и размножение микроорганизмов

Различают три основные группы факторов.

Физические факторы. К ним относятся такие факторы: температура, свет, электричество, давление. Механические воздействия и др.

Температура. Один из важнейших факторов как для роста и размножения микроорганизмов, так и для протекания биохимических реакций. Деление микроорганизмов на виды в зависимости от температуры показано в табл. 1.

Таблица 1 – Деление микроорганизмов на виды в зависимости от температуры

Вид	Оптимальная температура	Минимальная температура	Максимальная температура
Психрофилы (холоднлюбивые)	10 °С	0 °С	30 °С
Мезофилы	30 °С	0 °С	42 °С
Термофилы	30–50 °С	10 °С	75 °С

Свет. Для жизнедеятельности некоторых микроорганизмов необходимы солнечные лучи (водоросли). На все остальные микроорганизмы свет оказывает отрицательное влияние и препятствует их развитию. Ультрафиолетовые лучи адсорбируются белками и нуклеиновыми кислотами, вызывают в них химические изменения и тем самым угнетающе действуют на микроорганизмы. Этот фактор используется для бактерицидной обработки воды, воздуха и пищевых продуктов.

Давление. Микроорганизмы переносят очень высокие значения давления. Споры выдерживают до 2000 МПа.

Ультразвуковые колебания. Колебания свыше 300 КГц микроорганизмы не выдерживают.

Влажность. Этот фактор необходим для растворения всех питательных веществ в среде. При отсутствии воды жизнь прекращается.

Химические факторы. К ним относятся такие факторы как: состав среды, концентрация сухих веществ, рН, окислительно-восстановительные условия, наличие ингибиторов.

Состав среды. Микроорганизмы, потребляя питательные вещества, выделяют в среду продукты метаболизма, поэтому концентрация питательных веществ уменьшается, а концентрация метаболитов увеличивается, что отрицательно сказывается на развитии микроорганизмов.

Концентрация. Концентрация питательных веществ влияет на осмотическое давление в среде. При высокой концентрации сухих веществ может наступить явление плазмолиза (клетка сжимается). Оптимальное содержание сухих веществ для дрожжей 23 % мас.

pH. Микроорганизмы развиваются при определённых значениях pH. При изменении pH может меняться реактивная способность микроорганизмов, например, дрожжи в кислой среде образуют спирт и двуокись углерода, а в щелочной – глицерин.

Окислительно-восстановительные условия среды. Эти условия связаны с реакцией среды rH_2 .

rH_2 – это логарифм давления молекулярного водорода и выражает степень аэробности.

Если $rH_2 = 0$ – в питательной среде нет кислорода;

$rH_2 = 28$ – равновесие между окислительными и восстановительными производными;

$rH_2 = 41$ – среда, насыщенная кислородом.

В зависимости от присутствия кислорода в среде, микроорганизмы развиваются по-разному. Аэробы не могут жить при низких значениях rH_2 (при отсутствии кислорода). Для них нижний предел $rH_2 = 10$, верхний предел $rH_2 = 3$.

Анаэробы осуществляют обмен веществ при $rH_2 = 18-20$, но могут развиваться и при $rH_2 = 3-5$.

Наличие ингибиторов. Действие ингибиторов основано на реакциях, которые происходят между ингибиторами и протоплазмой клетки микроорганизмов. Строение протоплазмы нарушается, и жизненные процессы становятся невозможными. К таким веществам относятся соли тяжёлых металлов, соли щелочных и щёлочноземельных металлов, кислоты, щелочи и сильные окислители.

Биологические факторы. В природных условиях обитания микроорганизмы образуют сложный биоценоз – такие сообщества, в которых они находятся в определённых взаимоотношениях. В этих сложных сообществах каждый микроорганизм постоянно находится под стимулирующим или угнетающим влиянием со стороны окружающих его других видов. Взаимоотношения между микроорганизмами могут быть различными, но в основном они сводятся к симбиозу, метабиозу и антагонизму.

Симбиоз характеризует такие взаимоотношения микроорганизмов, при которых оба симбионта (сожителя) получают взаимную пользу, развиваясь совместно лучше, чем каждый в отдельности. Такие взаимоотношения существуют между некоторыми молочнокислыми бактериями и дрожжами. Молчнокислые бактерии, выделяя молочную кислоту, создают оптимальные значения pH для развития дрожжей, а дрожжи обогащают среду обитания

аминокислотами и витаминами. Квас, кефир, кумыс – продукты симбиоза этих двух видов микроорганизмов.

Метабиоз означает такие взаимоотношения микроорганизмов, при которых продукты обмена одного вида микроорганизмов служат питательным материалом других. Так, дрожжи превращают сахара в этиловый спирт. После этого в культуральной среде, содержащей спирт, могут развиваться уксуснокислые бактерии, окисляющие спирт в уксусную кислоту, а уксусная кислота в свою очередь используется плесенью, которые в свою очередь превращают её в углекислый газ и воду.

Антагонизм – противоположность метабиоза. Это такая форма конкурентных взаимоотношений, при которых одни микроорганизмы угнетают другие. Различают активный и пассивный антагонизм.

Пассивный антагонизм обусловлен более быстрым использованием питательных веществ среды и использованием в качестве питания клеток своего конкурента (насильственный антагонизм). Сущность насильственного антагонизма состоит в том, что при недостатке в среде питательных веществ бактерии – антагонисты для растворения клеток конкурента выделяют протеолитические ферменты и затем всасывают образовавшиеся продукты ферментативного распада.

Активный антагонизм связан с образованием продуктов обмена (спиртов, кислот) и обусловлен образованием антибиотических веществ. Так, молочнокислые бактерии, продуцируя молочную кислоту, полностью подавляют развитие гнилостных бактерий в молоке. Дрожжи образуют спирт, который подавляет развитие других микроорганизмов. Антагонистические отношения между молочнокислыми и гнилостными бактериями используют при изготовлении сыров, кисломолочных продуктов, квашении овощей. Существуют микроорганизмы, продукты обмена которых чрезвычайно сильно угнетают рост и размножение других видов и даже губительно действуют на них. Такие специфические биологически активные химические вещества, выделяемые в среду микробами-антагонистами, называются *антибиотиками*.

1.2. Дрожжи в бродильных производствах

Дрожжи являются возбудителями спиртового брожения. Они представляют собой одноклеточные микроорганизмы растительного происхождения. Дрожжевая клетка имеет сложное строение. Различают оболочку и содержимое клетки – ядро и плазму с различными постоянными составными частями – органоидами. Плазма ядра называется *нуклеоплазмой*; плазма, находящаяся вне ядра называется *цитоплазмой*; вся клеточная плазма, включая и плазму ядра, называется *протоплазмой*.

1.2.1. Строение дрожжевой клетки

На рис. 1 представлено строение дрожжевой клетки.

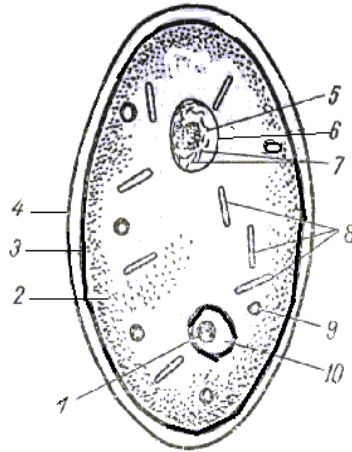


Рисунок 1 – Строение дрожжевой клетки:

- 1 – воллютин; 2 – цитоплазма; 3 – цитоплазматическая мембрана;
4 – оболочка; 5 – ядро; 6 – ядерная мембрана; 7 – хромосомы;
8 – митохондрии; 9 – рибосомы; 10 – вакуоль

Оболочка представляет собой тонкую, механически прочную, эластичную клеточную стенку. Клеточная оболочка дрожжей, прежде всего, выполняет защитную функцию, предохраняя клетку от внешних воздействий, регулирует поступление питательных веществ и выделение наружу продуктов обмена. Клеточная оболочка пронизана мельчайшими порами диаметром до 3,6 нм, через которые проходит вода, сахар и другие питательные вещества, необходимые для жизни клетки. Изнутри клеточную оболочку выстилает тончайшая цитоплазматическая мембрана толщиной около 8 нм. Основная функция цитоплазматической мембраны заключается в регулировании переноса в клетку питательных веществ.

Цитоплазма – полужидкая коллоидная система, у которой в зависимости от возраста и других физиологических факторов изменяется вязкость.

Ядро, окружено ядерной мембраной, заполнено прозрачной нуклеоплазмой, в которой погружены длинные тонкие нити – хромосомы, состоящие из белка и ДНК. Кроме белка и ДНК ядро содержит также РНК и ферменты. Ядро играет главную роль в дрожжевой клетке, осуществляя генети-

ческие и метаболические функции, контролируя обменные процессы и размножение.

Протоплазма содержит органеллы – постоянные, непреходящие составные части клетки, активно участвующие в обмене веществ. Среди них особый интерес представляют митохондрии и рибосомы.

Митохондрии – цитоплазматические мелкие частицы, напоминающие нити одинаковой ширины, но разной длины (0,4–1,0 мкм в длину, 0,2–0,5 мкм в ширину). Митохондрии состоят из белков, РНК, соединений фосфора и ферментов. Основной функцией митохондрий является сопряжение синтеза АТФ и АДФ и неорганического фосфата. АТФ – универсальный трансформатор и аккумулятор энергии, используемой клеткой на все биохимические реакции, для осуществления которых требуется химическая энергия. Образно говоря, митохондрии – “электростанция” клетки.

Переход дрожжевых клеток от дыхания к спиртовому брожению сопровождается их морфологической и функциональной перестройкой. В бродящих клетках уменьшается количество митохондрий.

Рибосомы представляют собой включения цитоплазмы в виде субмикроскопических зёрнышек, состоящих из липоидов, белков и рибонуклеиновой кислоты. Рибосомы, обеспечивая процессы внутриклеточного синтеза белка, являются своеобразной “фабрикой белка” клетки.

Вакуоль – крупная полость, наполненная клеточным соком. По мере созревания и старения клетки в ней образуется одна или несколько крупных вакуолей. В вакуолях временно собираются промежуточные продукты обмена веществ, которые затем снова уходят в протоплазму, где подвергаются дальнейшим превращениям. Когда обмен веществ затухает, вакуоли увеличиваются в размерах, в них накапливается много веществ оставшихся не переработанными. Например, вакуоли покоящихся клеток содержат в избытке воллютин, который обуславливает процессы, связанные с почкованием или спорообразованием клеток.

1.2.2. Химический состав дрожжевой клетки

Химический состав дрожжевой клетки зависит от расы, питательной среды и физиологического состояния. Свежие отпрессованные дрожжи содержат в среднем 25 % сухого вещества и 75 % воды. В состав сухого вещества дрожжей входят: азотистых веществ 35–65 %; безазотистых экстрактивных веществ 20–63 %; жиров 2–5 %; минеральных веществ 5–11 %. Основными составными частями сухого вещества дрожжей являются: гликоген, гумми и азотистые вещества, жир и минеральные вещества.

Гликоген ($C_6H_{10}O_5$)_n является запасным веществом дрожжевой клетки. Содержание гликогена в дрожжах подвержено значительным колебаниям (от 0 до 40 %) и зависит, прежде всего, от их питания. Если дрожжи находят-

ся в среде богатой питательными веществами, они богаты гликогеном; в среде бедной питательными веществами, дрожжи потребляют гликоген – под действием ферментов гликоген превращается в мальтозу и гликогенные декстрины.

Гумми вещества в дрожжах при гидролизе распадаются на маннозу и глюкозу. Содержание их колеблется в зависимости от физиологического состояния дрожжевых клеток.

Дрожжи богаты белками (в среднем около 45 % сухого вещества). Наиболее известными белками дрожжей являются: фосфопротеид – зимоказеин и типичный альбумин – перевязин. Из низкомолекулярных азотсодержащих веществ в дрожжах находятся аминокислоты: лейцин, тирозин, гуанин, ксантин, а также холин, гистидин и никотиновая кислота. В значительном количестве в дрожжах содержится трипептид глутатион – физиологически активное вещество.

Жир является запасным веществом дрожжей и находится главным образом в цитоплазме. Из жироподобных веществ в дрожжах находятся лецитин и стеарин. Из стеаринов, важное значение имеет эргостерин, который при облучении ультрафиолетовыми лучами превращается в витамин D₂. В пивных дрожжах эргостерина содержится 1,2–1,4 %, а в хлебопекарных 0,3–0,8 %.

Содержание *минеральных веществ* в дрожжах составляет около 8 % и колеблется от 4 до 10 %. Минеральные вещества представлены: P₂O₅; CaO; MgO; K₂O; SiO₂; SO₃; Cl.

Главной составной частью является фосфор, находящийся в виде органических соединений. Фосфорные соединения играют важную роль в процессе брожения. Сахар только в том случае подвергается переработке, если он предварительно будет связан эфирной связью с фосфорной кислотой.

Минеральные элементы, содержание которых в растительных организмах не превышает тысячных и даже миллионных долей мг, называют *микроэлементами*. К микроэлементам, принимающим участие в процессах жизнедеятельности дрожжей, относятся: фосфор, калий, кальций, магний, железо, медь, цинк.

Пигменты, витамины и ферменты. В дрожжах находят ряд веществ, которые имеют большое физиологическое значение. Из этих веществ, прежде всего пигменты – цитохром и жёлтый пигмент.

Дрожжевые клетки обладают полной системой дыхательных пигментов – цитохромов (а, в, с), благодаря которым происходят окислительно-восстановительные процессы. Роль системы цитохромов в дрожжах напоминает роль гемоглобина в крови.

Жёлтый пигмент состоит из бесцветного белка (апофермента) и жёлтого кофермента, называемого *флавоном*. Основу флавона составляет рибофлавин (витамин B₂). В соединении с белковым веществом флавоном образует

ферментную систему, называемую также флавопротеином (жёлтый пигмент). Функции флавопротеина заключаются в окислительно-восстановительных процессах.

В дрожжах содержатся разнообразные ферменты, относящиеся к различным группам: гидролазы, окислительно-восстановительные ферменты и ферменты изомеризации. Эти ферменты по их действию на различные органические вещества разделяют на две группы: гидролазы и десмолазы.

Гидролазы катализируют процессы расщепления сложных органических веществ на более простые в присутствии воды (амилаза, инвертаза, мальтаза, гликогеназа, трегаллаза, мелибиаза);

Десмолазы представляют группу ферментов брожения и дыхания. Эти ферменты осуществляют процессы глубокого распада органических соединений (десмолиза).

Десмолиз – распад углеводов; разрываются углеродные связи, т.е. разрушается самый скелет молекулы в отличие от процессов гидролиза, при которых углеродные цепи не затрагиваются. Биологическая сущность десмолиза заключается в подготовке, осуществлении и завершении распада углеродной цепочки. К таким реакциям относятся: окислительно-восстановительные процессы переноса водорода, перенос различных химических группировок с одной молекулы на другую; процессы изомеризации, ангидрирования и гидратирования.

1.2.3. Метаболизм дрожжевой клетки

Для своего развития, роста и размножения дрожжевая клетка нуждается в веществах, растворимых в воде. Цитоплазматическая мембрана пропускает питательные вещества в клетку и препятствует их возвращению в среду. Вода свободно проникает в клетку и уходит из неё. Вода создаёт давление внутри клетки, и протоплазма оказывается плотно прижатой к эластичным внутренним стенкам клетки. При таком состоянии, называемом *тургором*, быстро и нормально протекают все процессы обмена веществ. При резком понижении концентрации веществ в питательной среде создаётся высокая разность осмотических давлений между клеткой и средой, что вызывает более быстрый и значительный приток воды из среды в протоплазму клеток, клетки разбухают – происходит *плазмолитис*.

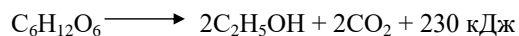
В среде, содержащей высокие концентрации веществ, т.е. когда осмотическое давление во внешней среде выше, чем в самой клетке, устанавливается ток воды из протоплазмы клеток наружу. Тургор нарушается. Протоплазма сжимается и начинает отставать от клеточной оболочки – происходит *плазмолиз*. С уменьшением концентрации растворимых веществ до размеров, благоприятных для жизнедеятельности дрожжей, протоплазма набухает, тургор восстанавливается (*деплазмолиз*).

Одна из сторон процесса обмена веществ сущность, которой заключается в приёме питательных веществ живым организмом и переработке их в нем в вещества, используемые для синтеза, называется *ассимиляцией*. *Диссимиляция* в противоположность ассимиляции представляет собой процесс преобразования и распада веществ в организме, который сопровождается выделением энергии. Ассимиляция и диссимиляция являются двумя сторонами единого процесса обмена веществ. Различают две формы диссимиляции: дыхание и брожение.

Дыхание – процесс обмена веществ, который приводит к полному окислению углеводов с образованием диоксида углерода и воды. Процесс дыхания протекает при наличии свободного кислорода (аэробно).



Брожение – процесс обмена веществ, который характеризуется неполным расщеплением углеводов и протекает при отсутствии молекулярного кислорода (анаэробно). Развиваясь в сахаросодержащих средах, дрожжи без доступа кислорода осуществляют сбраживание глюкозы с образованием этилового спирта и диоксида углерода.



В зависимости от продукта, который необходимо получить с использованием дрожжей, создают аэробные или анаэробные условия. При производстве пива, вина, этилового спирта, кваса используется спиртовое брожение в анаэробных условиях. Спиртовое брожение представляет собой цепь ферментативных процессов, конечным результатом которых является распад гексозы с образованием этилового спирта и диоксида углерода и с доставкой дрожжевой клетке той энергии, которая необходима для образования новых тканевых веществ, используемых для процессов жизнедеятельности, в том числе для роста и размножения. Цикл спиртового брожения представлен на рис. 2.

Химизм спиртового брожения. При производстве хлебопекарных и кормовых дрожжей основной задачей является накопление биомассы. В этом случае используется процесс дыхания в аэробных условиях. В таких условиях процесс брожения тормозится, а скорость размножения увеличивается, что ведёт к накоплению биомассы.

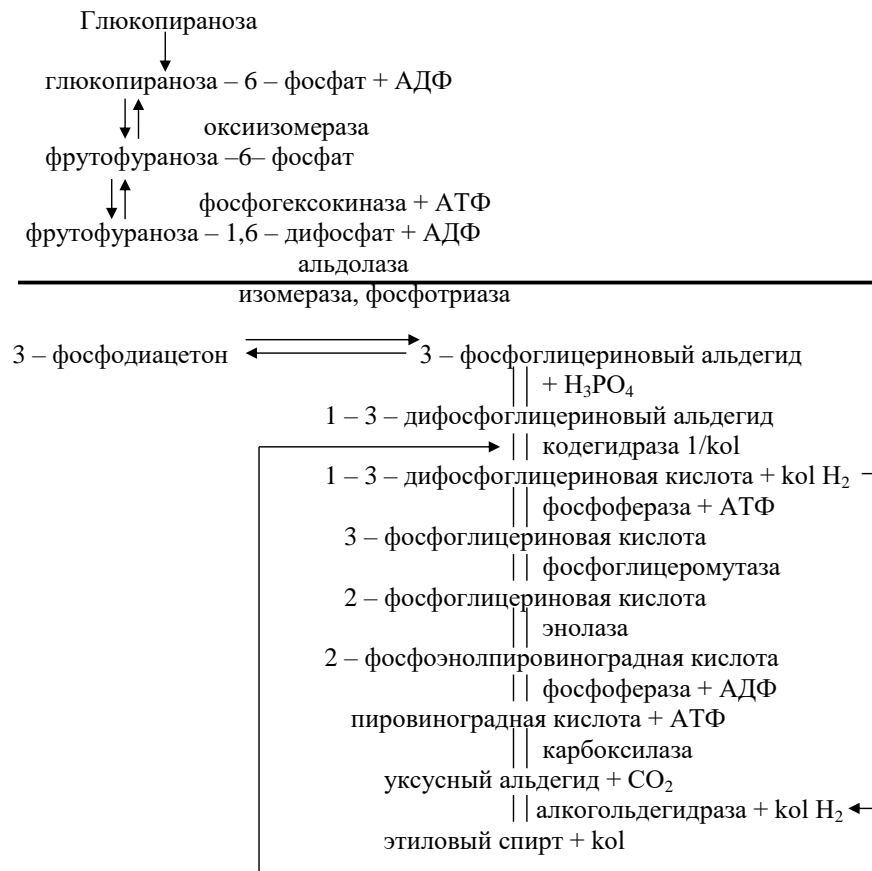


Рисунок 2 – Цикл спиртового брожения

Контрольные вопросы

1. Что изучает наука биотехнология?
2. Охарактеризуйте типы ферментов?
3. Назовите основные группы бродильных производств?
4. Назовите и охарактеризуйте основные фазы развития культур микроорганизмов?
5. Основные методы культивирования микроорганизмов.
6. Перечислите основные факторы, влияющие на рост и размножение микроорганизмов.

7. Охарактеризуйте физические факторы.
8. Охарактеризуйте химические факторы.
9. Охарактеризуйте биологические факторы.
10. Строение дрожжевой клетки.
11. Химический состав дрожжевой клетки.
12. Метаболизм дрожжевой клетки – ассимиляция.
13. Метаболизм дрожжевой клетки – диссимиляция.
14. Метаболизм дрожжевой клетки – дыхание.
15. Метаболизм дрожжевой клетки – брожение.

Раздел 2. ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

2.1. Технология производства солода

Солод – зерна злаков (ячмень, пшеница, рожь, сорго), проросшие в искусственных условиях при определённой температуре и влажности.

Процесс искусственного проращивания зерна называется *солодоращением*. Цель солодоращения – накопление в зерне максимального количества активных ферментов главным образом аналитических. В связи с этим проращивание зерна ведётся в таких условиях, которые обеспечивают максимальное накопление амилолитических ферментов.

Готовят основных 4 вида солода: светлый, тёмный, карамельный, жжённый. Основной – это светлый солод, другие используют для темных и полутёмных сортов пива. Сырьём для производства ячменного солода является пивоваренный ячмень. Принципиальная схема производства солода показана на рис. 3.

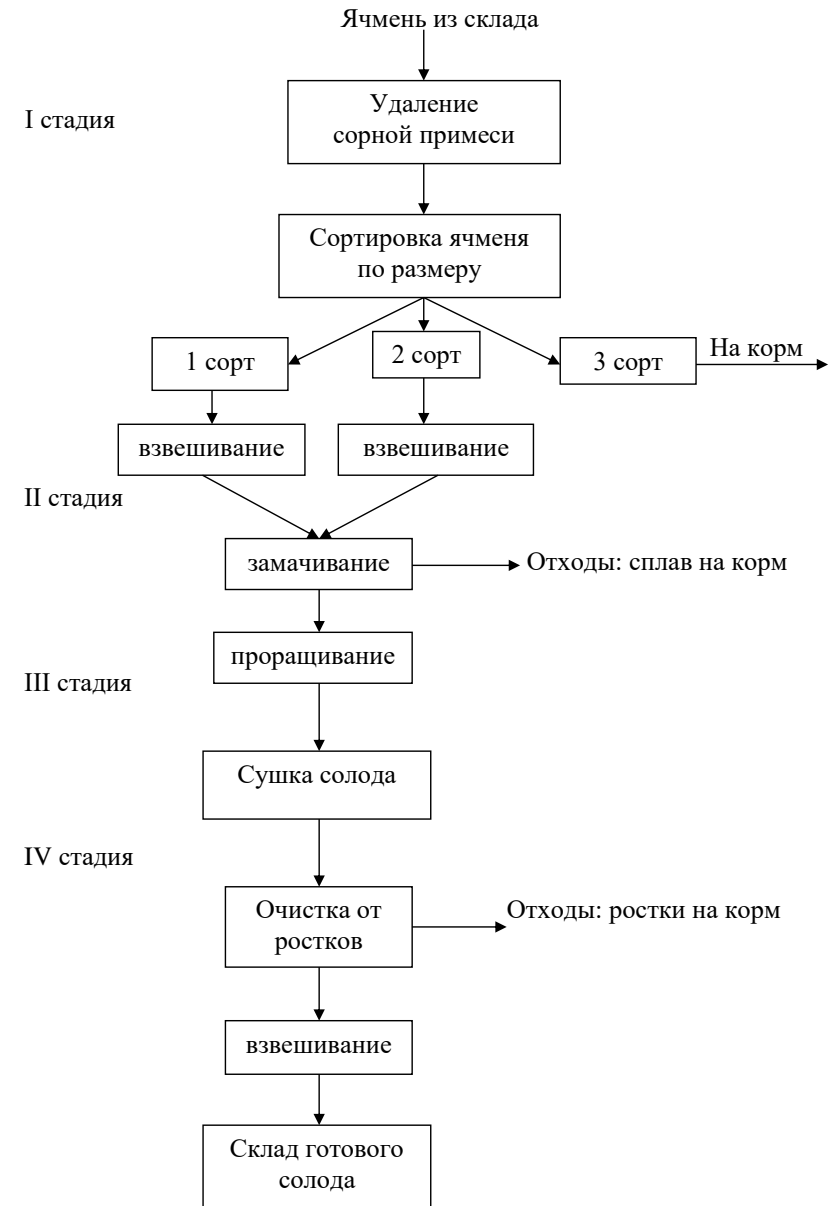


Рисунок 3 – Принципиальная схема производства солода

2.1.1. Ячмень и его химический состав

Ячмень принадлежит к семейству злаковых, роду *Hordeum*. Возделывается ещё с доисторических времён. Площади посева распространяются по всей части земного шара. Благодаря короткому вегетативному периоду и приспособляемости к экологическим условиям он достигает 70 градуса северной широты (Норвегия, Карелия, Якутия) и далеко на юге 42 градуса южной широты (Новая Зеландия). Достигает высокогорных районов.

Наиболее благоприятными районами являются юго-западные районы Украины, Белоруссии, Прибалтики, ряд областей центральных и центрально-чернозёмных районов России.

В агрономической практике пивоваренные ячмени разделяются на плёнчатые, голозёрные, озимые, яровые.

В пивоварении используются плёнчатые, яровые ячмени.

Ячмени бывают: двухрядные и шестирядные. В пивоварении используются двухрядные ячмени.

В ячмене содержится необходимый для приготовления пива крахмал, который позднее, в варочном цехе превращается в сбраживаемый экстракт. Поэтому для пивоварения возделываются специальные пивоваренные сорта ячменя, которые позволяют получать высокоэкстрактивный солод.

Существует более 100 сортов пивоваренных ячменей.

Ячменное зерно состоит из трёх основных частей: оболочки, зародыша, эндосперма и каждая часть играет важную роль.

Химический состав ячменя. Химический состав ячменного зерна зависит от сорта, района произрастания и климатических условий.

Созревшее зерно. Ячменя состоит из сухого вещества 80–90 % и небольшого количества воды 10–20 %. Количество воды зависит от метеорологических условий созревания и уборки ячменя.

Сухое вещество ячменя в основном представлено органическими веществами и только 2–3 % неорганические вещества.

Основные органические вещества это: углеводы, азотистые вещества, жиры, ферменты, витамины.

Углеводы: крахмал, целлюлоза, пентозаны, пектиновые вещества, сахараиды и др.

Крахмал – наиболее важный углевод ячменного зерна, как по значимости, так и по количеству – около 60 %. Он откладывается в эндосперме в виде зёрен, имеющих слоистое строение. Крахмал – это полисахарид, который состоит из двух структурных подразделений: амилоза и амилопектин.

Амилоза легко растворяется в тёплой воде, образуя растворы сравнительно невысокой вязкости, окрашивается йодом в синий цвет.

Амилопектин растворяется в воде лишь при нагревании под высоким давлением, давая очень вязкие растворы, окрашивается йодом в красно-фиолетовый цвет.

Азотистые вещества – являются весьма важной составной частью зёрен ячменя. Они оказывают большое влияние на технологические процессы пивоварения и качество готового пива.

В основном все азотистые вещества находятся в виде высокомолекулярных белков, которые под действием кислот щелочей или ферментов распадаются на аминокислоты. Количественно белковые вещества составляют 10–12 % от сухого вещества.

Жиры. Ячменное зерно содержит около 3 % жиров. Это в основном жирные кислоты как насыщенные, так и ненасыщенные. Ненасыщенные жирные кислоты играют существенную роль при приготовлении пива. Они участвуют в построении клеточных стенок дрожжей. А производные кислот влияют на вкусовые качества пива при хранении.

Минеральные вещества. Их содержание в пределах 2–3 % – это фосфаты силикаты. Для приготовления пива имеют значение соли в качестве микроэлементов, например. Соли цинка важны для жизнедеятельности дрожжей.

Ферменты – это биологические катализаторы, которые синтезируются живыми клетками. Они обладают способностью в сотни тысяч и даже в миллионы раз ускорять химические превращения. Обмен веществ и множество других превращений в зерне осуществляется с участием ферментов.

В зерне ячменя находятся такие группы ферментов: амилолитические, протеолитические, цитолитические и др.

Витамины – вещества необходимые для нормальной жизни организма. Они обеспечивают нормальное развитие в организме процессов жизнедеятельности. В ячмене имеются витамины В₁, В₂, С, Е и др.

2.1.2. Оценка качества ячменя

На основе многолетнего опыта установлены главные внешние признаки и аналитические показатели зерна, которые определяют пивоваренные качества ячменя и служат для определения пригодности его для производства солода.

По внешним признакам определяют запах, цвет, форму. Блеск цветочной оболочки. Ячмень должен иметь чисто соломенный цвет, однообразный по всей поверхности зерна от основания до кончика.

Серый, красновато-жёлтый, желтовато-коричневый цвет с почерневшими кончиками свидетельствует об уборке ячменя при влажной погоде или зерно заражено плесенью.

При неблагоприятных условиях оболочка зерна утрачивает блеск и становится матовой

Запах здорового зерна – аналогичный запаху свежей ячменной солодой.

По форме зерно должно быть равномерно развитым и полностью созревшим.

Для более полной характеристики зерно подвергают аналитическому анализу.

Определяют такие основные показатели:

- влажность;
- крупность;
- сорная и зерновая примесь;
- энергия прорастания и способность прорастания;
- не допускается заражённость зерновыми вредителями.

Есть и другие показатели, которые очень важны для пивоварения.

Требования к пивоваренному ячменю изложены в нормативном документе – ДСТУ–3769–88 “Ячмінь. Технічні умови”.

2.1.3. Очистка и сортировка зерна

Поступающий от поставщиков ячмень всегда содержит примеси и в таком виде не может ни храниться, ни перерабатываться.

Различают первичную и вторичную очистку ячменя.

Первичная очистка осуществляется сразу же после приёмки от поставщиков. При этой очистке удаляют комья земли, камни песок солому колосья пыль обрывки верёвок. Такая очистка может осуществляться и у поставщика

Вторичная очистка осуществляется перед переработкой его на солод. При этом тщательно удаляются посторонние примеси, битые зерна, зерна других злаков.

Кроме этого зерно делят на сорта: 1, 2, 3 сорт. Первый и второй сорт используются для производства солода, третий сорт – на корм скоту.

При очистке и сортировке зерна используют:

- линейные размеры зерна;
- аэродинамические свойства;
- отношение к магнитному полю.

Оборудование, применяющееся для очистки и сортирования зерна. Для очистки зерна применяются воздушно-ситовые и аспирационно-зерновые сепараторы, триеры и магнитные сепараторы, сортировочные машины.

2.1.4. Замачивание зерна

Важнейшим предварительным условием для прорастания семян является: достаточная влажность, соответствующая температура и наличие кислорода. Необходимая степень влажности достигается при замачивании.

Процесс замачивания требует большого расхода воды и воздуха (расход воды – до 10 м³ на 1 т зерна; расход воздуха – до 6 м³ на 1 т зерна) и зависит от многих факторов: температуры замачиваемой воды; химического состава воды; величины зёрен; от строения оболочек и эндосперма.

Цель замачивания – удалить пыль, лёгкие примеси, продезинфицировать зерно, сообщить зерну вегетативную влагу в количестве 46–50 %. Такая влажность позволяет зерну быстро и активно прорасти.

2.1.4.1. Процессы, способы и определение степени замачивания

При замачивании происходят следующие процессы:

- водопоглощение;
- снабжение кислородом;
- процессы, связанные с жизнедеятельностью зародыша.

Водопоглощение. Водопоглощение зависит от длительности замачивания, температуры, размеров зерна, сорта ячменя, а также особенностей года уборки.

Длительность замачивания. Водопоглощение сначала идёт быстро, замедляясь со временем. Прежде всего, вода проникает в область зародыша, а затем через оболочки в зерно.

Температура замачивания. Чем теплее вода для замачивания, тем быстрее она поглощается.

Размеры зерна. Мелкие зерна поглощают воду значительно быстрее, чем крупные, поэтому ячмень сортируют по размерам.

Сорт ячменя и год уборки. Некоторые сорта ячменя более чувствительны к воде, чем другие. Под водочувствительностью понимают явление, при котором энергия проращивания сильно уменьшается при превышении уровня влажности зерна, требуемого для проращивания.

Ячмени бывают: жизнеспособные, интенсивно прорастающие; менее активные.

Влажность замачиваемого ячменя называется *степенью замачивания*, которая приводится в процентах. Степень замачивания для светлого солода – 42–44 %, для тёмного солода – 44–47 %.

Снабжение кислородом. При сильном водопоглощении начинается интенсивное дыхание с одновременным увеличением потребности ячменя в кислороде. Если ячмень не аэрировать, то возникает анаэробное дыхание, которое в результате может привести к гибели зародыша. Достаточное снабже-

ние замачиваемого ячменя кислородом является основной предпосылкой для быстрого развития и безупречного хода проращивания.

Процессы, связанные с жизнедеятельностью зародыша. При замачивании протекают процессы, связанные с жизнедеятельностью зародыша:

- усиливается дыхание, нужна хорошая аэрация;
- активизируются ферменты, в результате этого в зерне увеличивается количество водорастворимых веществ.

Мойка зерна производится путём перемешивания зерна с водой. Пыль и грязь удаляется вместе с водой. Легкие примеси – сплав, всплывает на поверхность и удаляется. Мойка зерна производится до тех пор, пока вода будет чистой. Перемешивание зерна осуществляется за счёт сжатого воздуха, который так же обеспечивает зерно кислородом и удаляет углекислый газ, который выделяется при дыхании зерна. Во время мойки происходит выщелачивание жёлтых пигментов. Эти вещества, блокируя дыхательные ферменты, тормозят проращивание. Вот почему так важно хорошо отмыть зерно.

Дезинфекция зерна производится во время мойки. В качестве дезинфицирующих средств могут применяться: хлорная известь, перманганат калия, каустическая сода, перекись водорода.

Способы замачивания.

В настоящее время используются различные способы замачивания:

- водяные;
- воздушно-водяные;
- в непрерывном токе воды и воздуха;
- оросительные (наиболее распространённые);
- воздушно-оросительные (наиболее распространённые).

В зависимости от температуры воды способы замачивания бывают:

- холодные (температура до 5 °С);
- обыкновенные (температура до 10–15 °С).

Существуют совмещённые способы замачивания и проращивания зерна.

Все способы замачивания начинаются с того, что в замочный аппарат набирают 1/2 часть воды и тонкой струёй засыпают предварительно взвешенный, очищенный и отсортированный ячмень. Дальше идёт процесс мойки зерна, затем замачивание идёт одним из принятых способов. Продолжительность замачивания составляет 48–72 часа.

Определения степени замачивания. Достижение требуемой степени замачивания определяется как аналитическим путём (лабораторный анализ), так и органолептическим.

Органолептический путь состоит в следующем:

- сжать зерно по длинной оси между большим и указательным пальцем, зерно не должно колотиться;

- если поднести сжимаемое зерно к уху, то слышен характерный треск отделяемой оболочки от эндосперма;
- при разрезании зерна лезвием поперёк в середине среза остаётся белая точка;
- зерно не крошиться, если им писать по чёрной поверхности – оставляет белую полосу.

Основным оборудованием является замочный аппарат, который может отличаться по конструкции, но в основном это цилиндроконическая ёмкость снабжена подводом воды и воздуха.

Вспомогательным оборудованием являются насосы для транспортирования замоченного зерна. В процессе замачивания зерно уже начинает прорасти (проклёвываться).

2.1.5. Проращивание ячменя

Цель проращивания ячменя заключается в следующем:

- накопить и перевести в активное состояние ферменты;
- подготовить вещества зерна к воздействию на них ферментов и изменить состав эндосперма так, чтобы получить пивное сусло определённого химического состава.

2.1.5.1. Процессы, происходящие при солодоращении

В процессе проращивания в зерне происходят морфологические, биохимические, химические и физические превращения.

Морфологические превращения. Если зерно получило достаточно влаги, располагает кислородом и подходящей температурой, то зародыш переходит к активной жизни. В этот период зерно набухает, увеличивается в объёме. Зародыш пробивает оболочку в месте, где зерно прикреплялось к колоску и начинает расти корешок. Одновременно в противоположном направлении начинает расти зародышевый листок – зачаток стебля. Вышедший из кончика зерна листок называется “гусаром”. Появление “гусаров” в пивоварении допускается. Процесс необходимо вести так, чтобы листок вырос на длину зерна, но не вышел за его пределы.

В процессе солодоращения происходит активизация ферментов и в присутствии воды начинается растворение запасных веществ зерна.

Наряду с переходом ферментов в активное состояние происходит синтез новых ферментов, основными из которых являются амилалитические. Различают α -амилозу, β -амилозу, под действием которых происходит гидролиз крахмала – основной процесс при приготовлении пивного сусла. Накапливаются и другие группы ферментов: цитолитические, протеолитические, липазы, оксидазы, пероксидазы и т.д.

Биохимические процессы. Дыхание зерна – главный энергетический процесс. Под действием ферментов крахмал превращается в сахара, которые окисляются до углекислоты и воды с выделением 2822 кДж тепла на грамм-молекулу глюкозы.



Изменение углеводов. Под действием ферментов происходит расщепление крахмала, образуются продукты гидролиза: сахароза, фруктоза и другие сахара. Крахмальные зерна, которые не подверглись ферментативному гидролизу, разрыхляются и подготавливаются для полного расщепления при приготовлении пивного сула.

Изменение азотистых веществ. Под действием протеолитических ферментов происходит гидролиз белковых веществ. Высокомолекулярные белки расщепляются до пептидов и аминокислот, которые в дальнейшем являются очень ценным питанием для дрожжей. Степень растворения белковых веществ отражается на качестве солода и пива.

В результате ферментативных процессов при солодоращении значительно увеличивается количество растворимых веществ.

Химические процессы – взаимодействие веществ, полученных в результате процессов первых двух групп и образование вкусовых и ароматических веществ

Физические процессы – передвижение растворимых запасных веществ от эндосперма к зародышу и наоборот.

Чтобы процессы прошли, так как надо для солодоращения, необходимо создать нужные условия.

Условия солодоращения:

- температура 14–16 °С;
- аэрация кондиционированным воздухом.

Кондиционированный воздух – воздух максимально насыщенный водой, относительная влажность 100 % и температура 12–14 °С. Продолжительность ращения 7–8 суток. Основное оборудование солодорастиельных отделений: солодорастиельные ящики, вентиляторы, камеры кондиционирования воздуха. В результате солодоращения мы получаем зелёный солод. Это мягкие зерна с корешками. Влажность зелёного солода 45–47 %. Здоровый зелёный солод имеет свежий огуречный запах.

2.1.6. Сушка солода

Сырой солод, как материал, имеющий высокую влажность нельзя хранить даже непродолжительное время. Химический состав солода не удовлетворяет требования пивоварения. В нем нет красящих и ароматических веществ. Содержится много белков растворяющихся в воде с образованием стойкой мути. Кроме того, земельный солод содержит ростки, которые могут придать пиву горький, неприятный вкус. Поэтому солод необходимо высушить. При высушивании солод теряет огуречный запах и приобретает характерный для пива аромат.

Цель сушки: убрать влажность, придать солоду характерный вкус и аромат, убрать ростки.

Процессы, происходящие при сушке солода. Процесс сушки довольно сложный и длительный. Он длится в течение суток. Довольно энергоёмкий. Сушка происходит за счёт продувания через слой зелёного солода горячего воздуха нужной температуры. Обработанный влажный воздух убирается с помощью вытяжных вентиляторов. Существуют сушилки различных конструкций: горизонтальные, вертикальные, карусельные, непрерывного действия.

При сушке солода необходимо убрать влажность с 45 % до 3–4 %, а в тёмном солоде до 1,5–2 %. Сушка ведётся постепенно. Повышение температуры ведётся в соответствии с удалением влажности. Важно сохранить ферментные системы, которые очень чувствительны к повышению температуры. При низкой влажности они могут выдерживать и более высокую температуру, поэтому процесс сушки можно разделить на 3 стадии.

1. **Физиологическая фаза** – до достижения температуры в солоде до 45 °С. В зерне продолжается жизнь зародыша, продолжают идти ферментативные реакции и накопление продуктов гидролиза: сахара и растворимых белков. Влажность солода уменьшается до 30 %. С достижением температуры 45 °С синтетические процессы прекращаются, но гидролитические процессы продолжают.

2. **Ферментативная фаза.** Она происходит в зоне температур 45–70 °С. Жизненные процессы останавливаются, а ферментативные процессы увеличиваются, так как оптимальная температура действия большинства ферментов 60–70 °С. Ещё достаточно влаги, которая позволяет идти этим процессам. К концу этой фазы влаги в светлом солоде остаётся примерно 10 % и наступает третья стадия – химическая.

3. **Химическая фаза** – происходит в зоне температур 70–105 °С. При температуре 75 °С ферментативные процессы прекращаются, так как ферменты частично инактивируются, а частично переходят в неактивное состояние. Химическая фаза характеризуется образованием ароматических и вкусовых веществ. В частности идёт реакция меланоидилообразования. Меланоид-

ды – это продукт взаимодействия сахаров с аминокислотами. Чем выше температура, тем интенсивнее идёт эта реакция. Денатурируется часть белков, крахмал приходит в состояние легко подверженное действию ферментов, влажность составляет 3–4 %.

Обработка и хранение сухого солода. После выгрузки сухого солода из сушилки, его необходимо освободить от корешков, так как они очень гигроскопичны и при хранении прогорают. Ростки отбивают на росткоподобной машинке. Очищенный солод взвешивается на автоматических весах и передаётся на клад для хранения и отлёжки. Прежде чем использовать солод для производства пива он должен отлежаться в течение 4–5 недель.

Свежий солод нельзя использовать, так как он хрупкий. Доставляет сложности при дальнейшей переработке. При отлёжки влажность солода увеличивается до 5–6 %. Эта влажность позволяет идти некоторым физико-химическим процессам. Солод созревает.

Качественная оценка солода. Солод, как и ячмень, оценивается по внешним признакам и технохимическим показателям.

Внешние признаки: цвет – светло-жёлтый; аромат – характерный; вкус – сладковатый.

По физико-химическим показателям солод должен отвечать требованиям ДСТУ 4282 : 2004 Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови.

2.2. Производство пива

2.2.1. Общие понятия о пиве

Пиво представляет собой игристый освежающий напиток с характерным хмелевым ароматом и приятным горьковатым вкусом. Вследствие насыщенности углекислым газом и небольшого количества этилового спирта пиво хорошо утоляет жажду и повышает общий тонус организма.

Пиво – напиток очень древний, и его историю благодаря раскопкам и археологическим находкам можно проследить на протяжении почти 5000 лет, а некоторые источники говорят про 7000 лет. Самое древнее упоминание пива встречается в шумерской (Месопотамия) клинописи, датируемой 2800 г до нашей эры, где говорится о ежедневном рационе работников, состоявшем из пива и хлеба.

Дальнейший расцвет пивоварения получило в древнем Египте, что засвидетельствовано в многочисленных рисунках и других археологических находках.

В Европе пиво было любимым напитком у древних германцев, а также у кельтов и скифов.

Пиво варилось в домашних хозяйствах как повседневная пища, а уже в средние века в монастырских пивоварнях производился переход к товарному пивоварению, то есть пиво готовилось не только для себя, а и на продажу.

Для придания характерного аромата и вкуса в глубокой древности в пиво добавлялись различные травы – полынь, восковник, люпин, багульник, шафран и другие, а в XIV веке в качестве единственной пряности для изготовления пива начали применять хмель, который применяется и в наши дни.

Французский учёный Луи Пастер, отец современной микробиологии, показывал, что процессы брожения – это результат деятельности микроорганизмов. Он сформулировал тезис: “Брожение – это жизнь без кислорода”, и благодаря этому мы получили знания о брожении и предпосылки для получения стойкого пива.

Таким образом, на протяжении нескольких тысячелетий люди постепенно, путём неустанного наблюдения и благодаря научным открытиям, научились руководить процессами, происходящими при солодоращении, приготовлении пивного сусла и брожении.

С течением времени способы производства пива изменяются и совершенствуются, неизменными остаются химические и биохимические процессы, которые при этом происходят.

О том, что пиво является очень популярным и любимым напитком свидетельствует его распространение в мире и большие объёмы производства. Больше всего пива производят в Америке – 475 млн гл в год, в Европе – 469 млн гл в год.

Потребление пива на душу населения в разных странах разное. Больше всего потребляют на душу населения пива в Чехии – 161 л, за ними Германия – 127 л. На Украине – около 30 л.

Основное сырьё для производства пива: солод, вода, хмель.

Качество сырья оказывает огромное влияние на качество изготавливаемой продукции. Существует даже поговорка, что пиво – это солод, холод и совесть.

На рис. 4 показаны основные этапы приготовления пива.

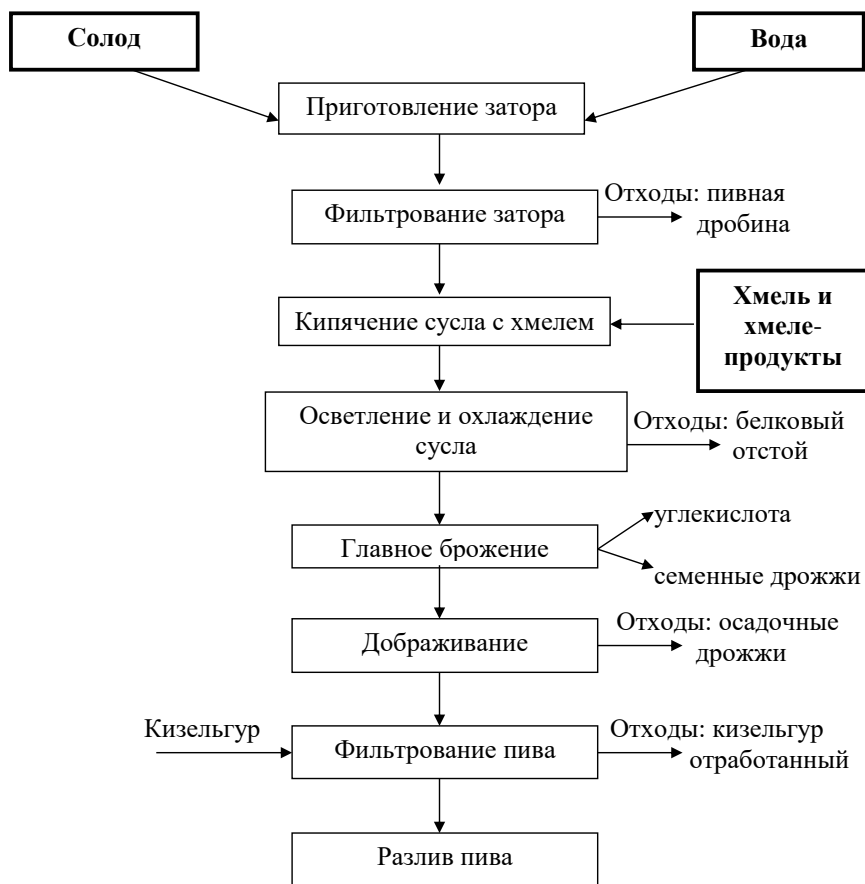


Рисунок 4 – Основные этапы приготовления пива

2.2.2. Вода для пивоварения

Производственная вода играет огромное значение для приготовления пива. Её значение в том, что все физиологические и биологические процессы возможны только в присутствии воды, следовательно, она является составной частью напитка и одним из важнейших видов сырья. Кроме этого вода является моющим средством, а также теплоносителем и хладагентом. Поэтому пивзаводы расходуют 10–12 кратные объемы воды.

Остановимся более подробно на воде используемой непосредственно для приготовления пива. Прежде всего, она должна отвечать требованиям к хорошей питьевой воде и не содержать вредных веществ для здоровья.

На качество пива большую роль оказывают минеральные соли. Так отдельные марки пива, пользующиеся мировой известностью вырабатывались в зависимости от наличия в данной местности воды определённого состава: пильзенская, мюнхенская, дортмундская, венская. Например, пильзенская вода мягкая, а мюнхенская – жёсткая. Пильзенское пиво – светлое с ярко выраженной хмелевой горечью. Мюнхенская вода более пригодна для производства тёмных сортов пива.

Воду различают как:

- мягкую (0–1,8 мг экв./л);
- умеренно жёсткую (1,8–3,5 мг экв./л);
- жёсткую (3,5–7 мг экв./л);
- очень жёсткую (7–14 мг экв./л);
- необычайно жёсткую (выше 14 мг экв./л).

Требования, предъявляемые к воде для пивоварения. Наибольшее влияние на ферментативные процессы оказывают бикарбонаты и карбонаты воды – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, NaHCO_3 , KHCO_3 , Na_2CO_3 . Эти соли образуются сильным основанием и слабой угольной кислотой, вследствие чего в водном растворе они обладают щелочными свойствами и дают высокое значение pH затора. Тем самым оказывают неблагоприятное влияние на ферменты, особенно на β -амилазу.

В противоположность бикарбонатам и карбонатам, сульфаты кальция и магния повышают pH затора (этим объясняется применение сульфата кальция для корректирования воды).

Углекислые соли кальция, магния и натрия считаются вредными солями, так как они понижают кислотность затора и суслу.

Кальциевые и магниевые соли серной, соляной и азотной кислот являются полезными солями, так как повышают кислотность затора и суслу. При значительном количестве таких повышающих кислотность солей вредное щелочное воздействие углекислых солей может быть не только уменьшено, но и полностью компенсировано. Таким образом, характеристика воды по общей жёсткости не даёт полной информации о пригодности воды для пивоварения. Вода должна содержать достаточное содержание ионов Са, причём важно отношение ионов Са к общей щёлочности. Это соотношение должно быть больше или равно 1 и называется *показатель щёлочности*.

Воду пивзаводы могут получать из подземных источников (скважины) или поверхностных (реки, озера, водохранилища). Так как вода стоит больших денег, то многие пивзаводы располагают собственными источниками водоснабжения.

Примерное содержание некоторых ионов: железо – до 1 мг/л, хлор – 70–350 мг/л, сульфаты – до 450 мг/л. Остальные показатели должны соответствовать требованиям ГОСТа. Если вода, по каким либо требованиям не отвечает пивоварной, её корректируют путём добавления гипса либо молочной или другой кислоты. Кроме того что вода влияет на вкус пива, она влияет на ферментативные процессы, которые идут в слабокислой среде.

2.2.3. Хмель и продукты его переработки

Хмель (*Humulus lupulus*) – это многолетнее двудомное вьющееся растение из группы крапивоцветных и семейства коноплевых.

Хмель придаёт пиву горьковатый привкус и особый характерный аромат. Хмель также обладает антисептическими свойствами, повышает биологическую стойкость пива и влияет благотворно на пенообразование, поэтому он является незаменимым сырьём, причём довольно дорогим.

2.2.3.1. Химический состав хмеля

В составе хмеля различают общие составные элементы, свойственные всякому растению, и специфические, характерные только для хмеля. К общим составным элементам относятся протеиновые вещества, жир, воск, безазотистые экстрактивные вещества, клетчатка и минеральные вещества.

Для пивоварения наибольший интерес и исключительную ценность представляют составные части хмеля: горькие вещества, хмелевое масло, дубильные вещества.

Горькие хмелевые вещества. Горькие хмелевые вещества являются наиболее ценными и характерными составными частями хмеля, которые в подобной форме не встречаются в других растениях. В группу горьких веществ входят: собственно хмелевые смолы (мягкая альфа-смола, мягкая бета-смола, твёрдая гамма-смола) и горькие хмелевые кислоты (горькая альфа-кислота, горькая бета-кислота). Хмелевые смолы – это амфотерные вещества, а горькие альфа и бета кислоты – это кристаллические вещества.

Хмелевое масло. Хмелевое масло является носителем аромата. Оно относится к типу эфирных масел. Содержание хмелевого масла в хмеле колеблется от 0,1 до 0,5 %. Клейкость, характерная для свежего хмеля, обуславливается выделениями эфирных масел, которые вырабатываются в шишках, главным образом, в лупулиновых железках.

Дубильные вещества. Находятся во всех частях хмелевой шишки, но преимущественно в листьях шишек. Они распределяются примерно следующим образом: в листьях шишек около 3 %, в стержне и цветоножках около 0,5 %, в лупулине около 0,3 %. Дубильных веществ в шишках находится от 3 до 6 %. С технологической точки зрения интересно поведение дубильных веществ при кипячении сусла. Они дают соединения с белковыми вещества-

ми. Такие белково-дубильные соединения выделяются при охлаждении сусла. С некоагулирующими азотистыми веществами, типа альбумоз, дубильные вещества образуют труднорастворимые соединения.

Существует много различных сортов хмеля, но их можно разделить на две группы: ароматные и горькие.

Уровень горечи в хмеле определяется содержанием альфа-кислот, которые растворяются в горячем сусле.

Ароматные сорта содержат меньше альфа-кислот, чем горькие, но содержат больше эфирных масел, которые обеспечивают более тонкий аромат

Горькие сорта содержат большее количество альфа-кислот, но менее ароматны.

Выращивают хмель в Житомирской, Волынской, Ровенской областях, Чехии, Германии, Польше. Используют хмель прессованный, молотый, гранулированный и хмелевые экстракты.

2.2.3.2. Продукты переработки хмеля

Применение хмелепродуктов даёт следующие преимущества:

- применение гомогенных продуктов даёт равномерную горечь пива;
- можно хранить практически неограниченное время;
- можно повысить выход горьких веществ;
- меньше затраты на транспортировку и хранение;
- при применении хмелепродуктов не нужен хмелеотделитель;
- можно дозировать автоматически.

Гранулированный хмель. Хмель размалывается и затем уплотняется в гранулы. Различают три вида гранул:

- гранулы тип 90;
- гранулы концентрат (тип 45);
- изомеризованные гранулы.

Изомеризованные гранулы дают следующие преимущества:

- увеличивается выход изо-альфа-кислот;
- сокращается время кипячения;
- сокращаются затраты на хмель и энергию;
- не требуется хранение при низких температурах;
- образуется меньше взвесей горячего сусла.

Экстракт хмеля. Под экстракцией понимают извлечение отдельных составляющих из твёрдого вещества с помощью соответствующих растворителей.

В качестве растворителя при производстве хмелевых экстрактов сегодня применяют преимущественно жидкий CO₂ или этанол, которые заменили метилхлорид. Оба упомянутых растворителя хорошо подходят именно для экстракции хмеля, так как полностью растворяют хмелевые смолы и масла.

Порошкообразный экстракт хмеля. Под ним понимают экстракт хмеля, нанесённый на силикагель. Чтобы порошок приобрёл сыпучесть. Для него требуется как минимум 30–40 % силикагеля. Вместо последнего можно использовать хмелевой порошок или гранулированный хмель. Но в этом случае содержание порошка или гранул должно быть больше, так как они не могут воспринять так много экстракта, как силикагель.

Изомеризованный экстракт хмеля. Экстракт хмеля можно изомеризовать и вносить на различных ступенях пивоваренного производства. Это позволяет увеличить степень использования горьких веществ хмеля до 95 %.

Тетрагидроизоэстракт. В этом экстракте б-кислота полностью восстановлена и изомеризована.

Преимущества применения:

- не возникает “засвеченного” вкуса;
- заметно улучшается пеностойкость пива, изготовленного с использованием этого экстракта;
- очень прост в применении и экономный, несмотря на большую стоимость.

2.2.4. Принципиальная схема приготовления пивного суслу

Основным процессом при производстве пива является сбраживание содержащихся в сусле сахаров в спирт и двуокись углерода. Чтобы создать для этого необходимые предпосылки, прежде всего необходимо превратить первоначально нерастворимые составляющие солода в сбраживаемый сахар. Это превращение и растворение составляющих является *целью производства суслу*.

Рассмотрим процесс приготовления пивного суслу. Этот процесс можно разделить на следующие этапы:

- подготовка и дробление зернопродуктов;
- затирание;
- фильтрация затора;
- кипячение суслу с хмелем.

2.2.4.1. Подготовка и дробление зернопродуктов

Подготовка солода к дроблению заключается в полировке. *Полировка* – это очистка солода от примесей. Для этой цели служат специальные полировочные машины. Солод, проходя через эту машину, очищается от пыли и других примесей. Далее солод взвешивается на автоматических весах и поступает на дробление.

Цель дробления – подготовить сырье к биохимическим и физическим процессам во время затирания с тем, чтобы обеспечить максимальный перевод экстрактивных веществ в суслу. Дробление может быть сухим или мок-

рым в зависимости от применяемой технологии. А также дробление может быть более тонким или более крупным в зависимости от оборудования для фильтрации затора. Дело в том, что оболочка солодового зерна служит фильтрующим слоем при фильтрации затора.

Для дробления используют 2-х, 4-х и 6-ти вальцевые дробилки. Для более тонкого помола применяют молотковые дробилки. Наиболее применяемые – это 6-ти вальцевые, которые позволяют получить помол необходимого состава: оболочка отделяется от зерна без измельчения, эндосперм измельчается на крупную крупку, мелкую крупку и муку.

Варочный порядок может быть 2-х, 4-х и 6-ти посудным. Самый распространённый – 4-х посудный. В его состав входят: 2 заторных аппарата, фильтрационный аппарат и сусловарочный котёл. В качестве фильтрационного аппарата может быть фильтрационный чан или фильтр-пресс. Это оборудование и является критерием для выбора помола.

2.2.4.2. Способы затирания, происходящие процессы и влияющие факторы

Затирание – планомерный перевод экстрактивных веществ солода в раствор под действием ферментов. Основными процессами при затирании являются:

- смешивание солода с водой;
- растворение экстрактивных веществ;
- осахаривание крахмала.

Смесь дроблёного солода с водой называется *затором*, а раствор полученный после затирания, освобождённый от нерастворённых веществ называется *суслу*.

Вещества, растворенные в сусле – это *экстрактивные вещества* (экстракт).

Цель затирания – перевести в раствор больше экстрактивных веществ солода и получить суслу необходимого химического состава, в зависимости от приготавливаемого сорта пива.

В солоде водорастворимых веществ 10–15 %, а главная экстрактивная часть – крахмал в воде нерастворим. Чтобы перевести его в растворимое состояние, его необходимо подвергнуть ферментативному гидролизу. Ферментативные процессы, которые были начаты при солодоращении, продолжают при затирании, но со значительно большей скоростью, вследствие более благоприятных условий: большое количество воды, оптимальные температуры и рН среды.

Расщепление крахмала. Крахмал должен быть без остатка расщеплен до сахаров и декстринов, не окрашиваемых йодом. Расщепление крахмала осуществляется в три стадии, последовательно переходящих одна в другую.

Последовательность их неизменна: клейстеризация – разжижение – осахаривание.

Клейстеризация. В теплом водном растворе в молекулах крахмала накапливается вода, происходит набухание крахмальных зёрен с последующим разрывом твёрдых зёрен крахмала. Образуется вязко-текучий раствор, вязкость которого зависит от объёма поглощённой воды и отличается для разных видов зерна. Этот процесс, при котором расщепления веществ не происходит, называется *клейстеризацией*.

Под клейстеризацией понимают набухание и разрыв оболочки зёрен крахмала в теплом водном растворе. Освободившиеся молекулы крахмала в этом вязком растворе лучше подвергаются действию амилаз, чем неклеястеризованный крахмал.

Температура клейстеризации различна для каждого вида зерновых:

- крахмал солода и ячменя в присутствии амилаз клейстеризуется при 60 °С;
- рисовый крахмал – при 80–85 °С.

Разжижение. Под разжижением понимают снижение вязкости клейстеризованного крахмала б-амилазой.

Осахаривание. Под осахариванием мы понимаем полное расщепление крахмала амилазами на мальтозу и декстрины. Определение проводят по йодной пробе.

Альфа-амилаза разрывает цепочки амилазы и амилопектина главным образом на декстрины с 7–12 глюкозными остатками. От концевых групп, образовавшихся цепочек β-амилаза отщепляет двойные группы (мальтозу).

β-амилаза отделяет от нередуцированных концов цепочек мальтозу, при этом также образуется глюкоза и мальтотриоза. Она действует оптимально при 60–65 °С и очень чувствительна к более высоким температурам. Уже при 70 °С она быстро инактивируется. Оптимальное значение рН = 5,4–5,5.

б-амилаза расщепляет длинные цепочки крахмала до более коротких – декстринов. Она действует оптимально при температуре 72–75 °С и быстро разрушается при 80 °С. Оптимальное значение величины рН = 5,6–5,8.

Декстрины бывают:

- амилодекстрины – с йодом сине-фиолетовый цвет;
- эритродекстрины – красно-бурый;
- ахро- и мальтодекстрины – йодом не окрашиваются.

В результате гидролиза крахмала образуется 70–80 % мальтозы; 20–30 % – это смесь низкомолекулярных декстринов, глюкоза, сахароза и другие сахара. Все это делается, для того, чтобы дрожжи могли сбраживать это сусло.

Расщепление белковых веществ. Все (высокомолекулярные) протеины, за исключением небольшого количества, выпадают в осадок, самое позд-

нее, при кипячении сула. В пиво попадают только продукты расщепления, которые необходимы для размножения дрожжей и быстрого сбраживания.

Для расщепления белковых веществ важны температуры от 45–50 °С. Под осахариванием мы понимаем полное расщепление крахмала амилазами на мальтозу и декстрины. Определение проводят по йодной пробе. В ходе затиранья при указанных температурах делаются выдержки различной продолжительности, которые зависят от качества сырья и желаемого состава сула.

При 45–50 °С в большей степени образуются низкомолекулярные продукты расщепления, особенно пептиды и аминокислоты;

При 60–70 °С в большей степени образуются высокомолекулярные продукты расщепления, которые считаются обеспечивающими пеностойкость. В сусле должно содержаться не менее 20 мг/100 мл сула аминного азота. Если этого количества не удаётся добиться, то это приводит к:

- снижению скорости размножения дрожжей;
- торможению процессов брожения и созревания;
- накоплению в пиве нежелательных веществ, придающих ему букет молодого пива.

Превращение жиров. При затираньи часть содержащихся в солоде липидов расщепляется соответственными ферментами (липидами) на глицерин и жирные кислоты. При этом особого внимания заслуживают, наряду с ферментативным и окислительное расщепление химически активных ненасыщенных жирных кислот, которые отрицательно влияют на стойкость пива. Препятствовать окислению может только отсутствие кислорода.

Влияние рН. Ещё одним важным фактором, влияющим на ход ферментативных процессов, является рН среды, он должен быть в пределах 5,5–5,8.

Если буферная система солода и химический состав воды не обеспечивают данное значение рН, тогда затор подкисляют.

При приготовлении сула необходимо стремиться к оптимальному значению рН готового сула 5,1–5,2. Для создания требуемого значения рН применяют подкисление. Подкисление обеспечивается путём добавления неорганических кислот или добавления закваски молочнокислых бактерий (биологическое подкисление).

Добавление неорганических кислот для подкисления затора производят как можно раньше (в воду), чтобы ферменты немедленно включались в работу.

Способы затиранья. Процесс затиранья состоит в том, что температуру затора поднимают до оптимальных температур для действия тех или иных ферментов, с последующими паузами. Паузы задаются при следующих оптимальных для ферментов температурах:

- 45–50 °С – белковая пауза и пауза для расщепления β-глюкана;
- 62–65 °С – мальтозная пауза;

- 70–75 °С – температура для осахаривания;
- 78 °С – температура окончания затирания.

Существуют различные способы приготовления затора:

- инфузионные (настойные);
- декокционные (с одной, двумя, тремя отварками).

При инфузионном способе весь затор, при поддержании пауз, последовательно нагревается до температуры окончания затирания, причём части затора не кипятятся.

При способе с отварками температура повышается благодаря тому, что часть затора (отварку) отделяют и кипятят. При обратной перекачке к остальному затору температура затора повышается на следующую ступень температурной обработки.

Применение того или иного способа зависит от качества сырья. И так, затор готов – полностью осахарен, то есть при смешивании капли затора с каплей йода, цвет йода не меняется.

2.2.4.3. Фильтрация затора

В конце затирания затор состоит из смеси растворенных и нерастворенных в воде веществ. Водный раствор экстрактивных веществ называется *сусл*ом, а нерастворимую часть (твёрдая фаза) называют *дробин*ой.

Для производства пива используют только сусл, которое должно быть отделено от дробины как можно тщательнее. Процесс разделения фаз называется *фильтрацией затора*.

Для фильтрации затора используется фильтрационный чан или фильтр-пресс.

Целью *фильтрации* является разделение растворимой части затора от нерастворимой.

Фильтрация затора идёт в две стадии:

- сбор первого сусл;
- выщелачивание дробины, путём вымывания содержащихся в ней экстрактивных веществ (промывные воды).

Фильтрация 1-го сусл происходит через слой дробины, поэтому большое значение уделялось составу помола. Дробина равномерно распределяется на фильтрующей перегородке (сита, салфетки), и через её слой истекает

первое сусл. Когда истечение первого сусл заканчивается, остаётся дробина, пропитанная экстрактивными веществами.

Наступает вторая стадия – промывка дробины. Для этого в фильтрационный аппарат подаётся горячая вода, перемешивается и снова фильтруется. Промывная вода добавляется к первому суслу. Все промывные воды и первое сусл собираются в суслварочном котле.

Промывание воды и первое сусл собираются в суслварочном котле. Промывание дробины горячей водой ведётся до тех пор, пока содержание сухих веществ в промывной воде не снизится до 1–2 %, так как длительное промывание дробины и повторное использование последней промывной воды повышает выход экстракта, но ухудшает качество пива.

Фильтрационный чан является наиболее старым и наиболее распространённым фильтрационным оборудованием, используемым при приготовлении пивного сусл.

За последние десятилетия в конструкции и технологии фильтр-чана произошло много изменений. В настоящее время фильтр-чан изготавливают из нержавеющей стали. Чтобы доступ кислорода сделать по возможности минимальным, подача затора осуществляется снизу. В настоящее время сита изготавливают из нержавеющей стали в виде сварных решёток из профильных элементов с щелевыми отверстиями, шириной 0,7–0,9 мм, живое сечение которых составляет до 12 % (10 % – в старой конструкции).

Конструкция разрыхлителя и применение насоса для сбора сусл и промывных вод позволяют увеличить оборачиваемость фильтр-чана.

Существует определённая последовательность работы с фильтр-чаном:

- вытеснение воздуха (заливка сит);
- перекачка затора;
- фильтрационная пауза (расслоение затора);
- рециркуляция мутного сусл (перекачивание “на себя”);
- сбор первого сусл;
- промывка дробины (сбор промывных вод);
- выгрузка дробины.

Схема фильтрационного чана изображена на рис. 5.

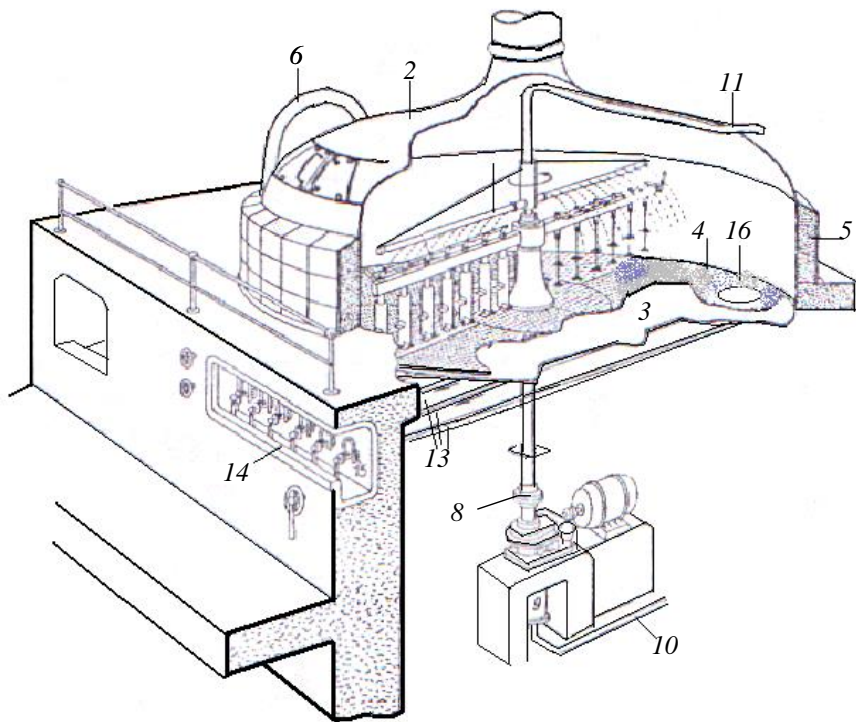


Рисунок 5 – Фильтрационный чан, тип Хупшманн (Huppmann):

1 – подача затора; 2 – клапан для впуска затора; 3 – рыхлитель; 4 – нож; 5 – лопатка для выгрузки дробины (откинута вниз); 6 – привод и устройство для подъёма рыхлителя; 7 – фильтрационные трубы; 8 – круглый коллектор сусла; 9 – трубопровод для подвода сусла к насосу; 10 – вода для промывки дробины; 11 – моющая головка; 12 – клапан для выгрузки дробины; 13 – приёмный бункер для дробины; 14 – изоляция; 15 – смотровое окно с люком для обслуживания; 16 – освещение

Фильтр-пресс. Заторный фильтр-пресс является конкурентом фильтра-чана, но он распространён ещё не так широко. Конструкция фильтр-пресса также претерпела изменения.

Основными функциональными элементами являются рамы и плиты. Рамы служат для приёма дробины.

При работе с фильтр-прессом старой конструкции выполняются следующие операции:

- навешивание салфеток;

- перекачка затора и сбор первого сусла;
- промывка дробины и сбор промывных вод;
- разборка фильтра;
- мойка салфеток фильтра.

В отличие от старой конструкции фильтр-пресс нового поколения состоит из попеременно следующих друг за другом мембранно-камерных модулей и решетчатых полипропиленовых плит, обладающих очень низкой теплопроводностью (см. рис. 6).

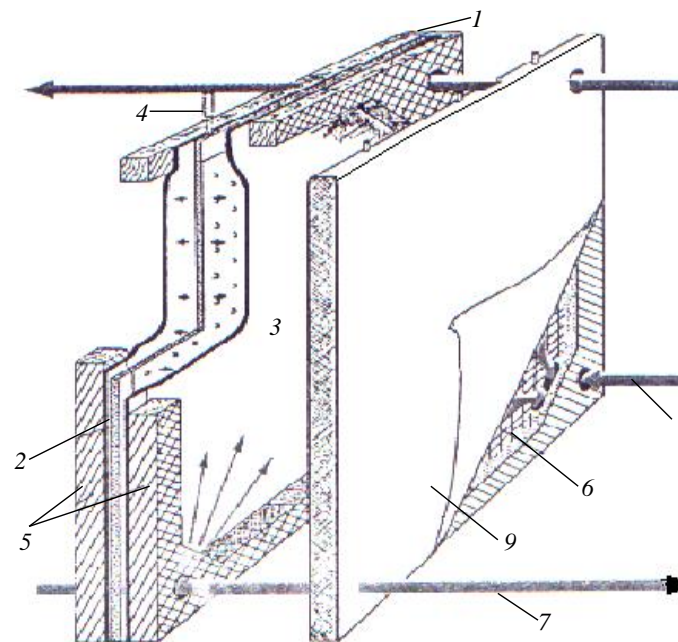


Рисунок 6 – Фильтр-пресс 2001:

1 – модуль; 2 – плиты с рёбрами; 3 – упругие мембраны из пластмассы; 4 – шланговый соединительный патрубок для сжатия воздуха (сбоку); 5 – рамы; 6 – решетчатая плита; 7 – канал для подачи затора; 8 – канал для отвода сусла; 9 – фильтрационная салфетка

Последовательность операций при работе на фильтр-прессе нового поколения состоит в следующем:

- наполнение фильтра;
- фильтрование;
- первое сжатие;

- промывка дробины;
- последнее сжатие;
- выгрузка дробины.

Все операции механизированы и работают в автоматическом режиме. Оборачиваемость нового фильтр-пресса составляет 12 варок в сутки.

2.2.4.4. Кипячение сусла с хмелем

Во время сбора первого сусла и промывной воды в сусловарочном котле поддерживается температура 75 °С с той целью, что если во время фильтрования будут вымываться остатки неосахарённого крахмала, есть возможность доосахарить. Температура 75 °С – это критическая температура для работы α-амилозы. Когда все промывные воды собраны, весь объем жидкости доводят до кипения и начинается процесс кипячения сусла с хмелем.

Цель кипячения – стерилизация сусла, выпаривание избыточной влаги, стабилизация сусла, коагуляция белков, перевод горьких веществ хмеля в раствор. Продолжительность кипячения 1,5–2 часа. Конец кипячения определяется по концентрации сухих веществ в сусле, в зависимости от сорта приготавливаемого пива и по коагуляции белков.

При кипячении сусла с хмелем происходит ряд важных процессов:

- растворение и превращение компонентов хмеля;
- образование и коагуляция конгломератов белковых и дубильных веществ;
- выпаривание воды;
- стерилизация сусла;
- разрушение всех ферментов;
- повышение цветности сусла;
- повышение кислотности сусла;
- образование редуцирующих веществ.

Хмелевые смолы или горькие вещества хмеля – важнейшие для приготовления пива хмелевые компоненты, так как они придают пиву горький вкус. В кипящем сусле структура α-кислот претерпевает перестройку, называемую *изомеризацией*. Возникшие изомеризованные соединения обладают значительно большей растворимостью, чем исходные α-кислоты. В холодном сусле α-кислоты почти не растворяются.

При кипячении сусла хмелевое масло обладает летучестью и, в тем более высокой степени, чем дольше ведётся кипячение.

Соединения протеинов и дубильных веществ, а также соединения белковых веществ и окисление дубильных веществ при высокой температуре нерастворимы и выпадают в осадок при кипячении сусла в виде взвесей горького сусла.

Кислотность сусла несколько повышается, так как образующиеся при кипячении меланоидины дают кислую реакцию, и некоторую часть кислот-

ности даёт хмель. Образующиеся меланоидины также увеличивают цвет сусла. Кипячение сусла с хмелем происходит в сусловарочных аппаратах (см. рис. 7).

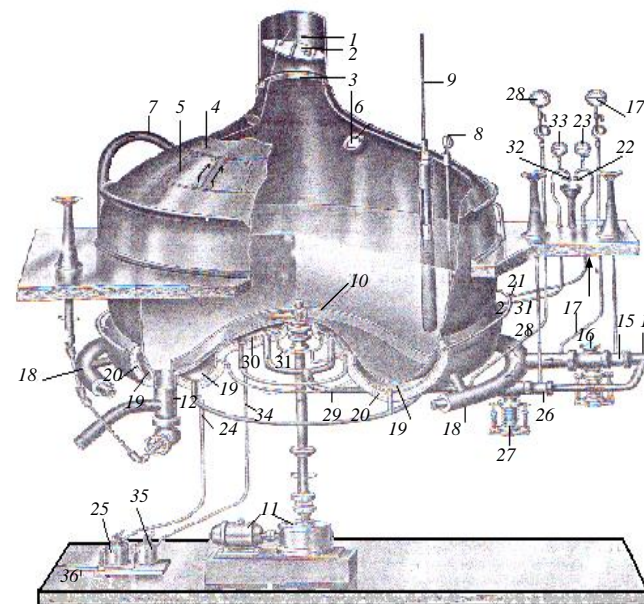


Рисунок 7 – Сусловарочный котёл с паровым обогревом (двухзонное кипячение):

1 – вытяжная труба; 2 – клапан вытяжной трубы; 3 – отвод конденсата; 4 – вытяжная крышка; 5 – люк для входа; 6 – освещение; 7 – выпуск сусла; 8 – термометр; 9 – поплавковая измерительная рейка; 10 – мешалка; 11 – привод мешалки; 12 – выпускной клапан; 13 – выпускной трубопровод к хмелеотделителю; 14 – подвод пара; 15 – паровой вентиль для наружной зоны; 16 – редуцирующий клапан для наружной зоны; 17 – манометр с подводом для наружной зоны; 18 – изолированный кольцевой трубопровод для подвода пара (наружная зона); 19 – внешняя паровая рубашка; 20 – изоляция; 21 – выпуск воздуха наружной зоны; 22 – вентиль для удаления воздуха из наружной зоны; 23 – манометр (наружная зона); 24 – отвод конденсата (наружная зона); 25 – конденсатотводчик (для наружной зоны); 26 – паровой вентиль для внутренней зоны; 27 – редуцирующий клапан для внутренней зоны; 28 – манометр с подводом для внутренней зоны; 29 – подвод пара для внутренней зоны; 30 – внутренняя паровая рубашка; 31 – удаление воздуха из внутренней зоны; 32 – кран для удаления воздуха (внутренняя зона); 33 – манометр (внутренняя зона); 34 – отвод конденсата (внутренняя зона); 35 – конденсатотводчик (внутренняя зона); 36 – отвод конденсата к сборнику

2.2.5. Осветление и охлаждение сусла

Следующий этап приготовления пива – осветление и охлаждение сусла.

Перекачка горячего охмелённого сусла. На этой стадии сусло перекачивается насосом в вирпул. Перекачка должна проводиться по возможности быстро, чтобы освободить суслотарный котёл для следующей варки, но он должен быть одновременно бережным, чтобы не возникали касательные напряжения, которые приводят к нарушению коллоидной структуры сусла.

Если применяют не молотый, а натуральный шишковый хмель, то перед подачей сусла в вирпул, следует удалить хмелевую дробину через хмелеотделитель.

Отделение взвесей горячего сусла (осветление). Из горячего охмелённого сусла выделяются взвеси горячего сусла, которые прежде называли “брухом”. Они состоят из крупных частиц размером 30–80 мкм, которые несколько тяжелее, чем сусло, и обычно хорошо и плотно осаждаются. Взвеси необходимо удалять, так как они в дальнейшем приносят вред.

Удаление взвесей горячего сусла осуществлялось раньше с помощью холодильной тарелки или отстойного чана, а сегодня большей частью с помощью вирпула, а иногда применяют центрифуги (сепараторы) или фильтры.

Охлаждение и подготовка сусла к брожению. Перед сбраживанием сусло нуждается в охлаждении до 5–10 °С. Этот процесс происходит в отделении охлаждения сусла.

Процессы, происходящие при охлаждении сусла:

- охлаждение сусла;
- образование и оптимальное удаление взвесей холодного сусла;
- интенсивная аэрация сусла.

Охлаждение сусла. Сусло с помощью пластинчатого теплообменника быстро доводят до температуры начала брожения. Скорость охлаждения важна, так как при более продолжительном охлаждении, при промежуточных температурах возрастает опасность размножения вредных для пива микроорганизмов.

Оптимальное удаление образующихся взвесей. При температуре меньше 60 °С прежде прозрачное сусло начинает мутнеть. Это помутнение обусловлено образованием мельчайших частиц примерно 0,5 мкм, называемых взвесями холодного сусла. В связи с очень мелкими размерами частицы осаждаются с большим трудом. Они обладают свойством осаждаться на других частицах, например, клетках дрожжей. Если им удаётся осесть на дрожжевых клетках, тогда снижается скорость брожения, брожение затухает.

Удаление осажённых взвесей холодного сусла является проблемой, которую пытаются решить разными путями. Необходимо стремиться, чтобы

остаточное содержание взвесей холодного сусла не превышало 120–160 мг/л сухого вещества.

Для удаления взвесей холодного сусла можно использовать:

- фильтрацию (через перлит);
- флотацию;
- седиментацию;
- сепарирование.

Многие заводы часто отказываются от удаления взвесей.

Аэрация сусла. Аэрация холодного сусла для снабжения дрожжей кислородом является единственным случаем во время всего производства пива, когда целенаправленно осуществляется подача кислорода. Этот кислород потребляется дрожжами за несколько часов и не вредит качеству сусла.

Чтобы растворить воздух в холодном сусле, его следует тонко распылить в турбулентном потоке, перемешать с холодным сусликом. При этом стремятся к достижению содержания кислорода 8–9 мг/л. Чтобы этого достичь, необходимо израсходовать теоретически 3 литра воздуха на гектолитр сусла, но практически требуется в несколько раз больше.

2.2.6. Дрожжи в пивоварении

Брожение – сложный химический процесс превращения питательной среды при помощи микроорганизмов. В нашем случае – это дрожжи. В процессе брожения основная часть питательных веществ превращается в новые продукты: спирт и углекислый газ, а дрожжи получают все необходимые вещества и энергию для своего роста и развития.

Дрожжи представляют собой мельчайшие одноклеточные растительные организмы. Величина клеток колеблется от 9 до 11 мкм в длину, и от 6 до 8 мкм в ширину, но встречаются и более крупные экземпляры.

Форма дрожжевых клеток разнообразная: яйцевидная, эллипсоидная, вытянутая и зависит от условий развития и существования.

2.2.6.1. Обмен веществ дрожжевых клеток

Знание об обмене веществ (метаболизме) дрожжей имеют для пивовара фундаментальное значение, так как они позволяют решающим образом влиять на качество пива. Особый интерес представляют:

- сбраживание сахара;
- метаболизм углеводов;
- метаболизм азотистых веществ;
- метаболизм жиров;
- метаболизм минеральных веществ.

Сбраживание сахаров. Все живые организмы получают энергию благодаря дыханию. Дрожжи – единственный живой организм, способный и го-

товый при нехватке воздуха заменить более выгодное дыхание на брожение. *Дыхание* – процесс обмена веществ, который приводит к полному окислению углеводов с образованием CO₂ и воды. *Брожение* – процесс обмена веществ, который характеризуется неполным расщеплением углеводов и протекает при отсутствии молекулярного кислорода (анаэроба). Развиваясь, в сахаросодержащих средах дрожжи без доступа кислорода осуществляют сбраживание глюкозы с образованием этилового спирта и углекислоты. Как тот, так и другой процесс является экзотермическим, т.е. избыток энергии, который не израсходовался на синтетические процессы, выделяется в виде тепла.

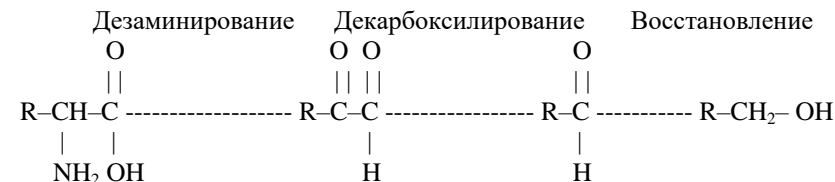


Метаболизм углеводов. Дрожжи потребляют из сусла моносахариды (глюкозу, фруктозу), дисахариды (сахарозу, мальтозу), трисахарид (мальтотриозу) и сбраживают их именно в такой последовательности. Известно, что 98 % сахара уходит на брожение и только 2 % на дыхание. Очень небольшое количество мальтозы (около 0,25 %) дрожжи запасают как резервный углевод – гликоген.

Гликоген потребляется дрожжами перед началом брожения как первичный источник энергии, и поэтому его количество значительно уменьшается в первые 10–12 часов после введения дрожжей в сусло, а потом вновь возрастает. Во время хранения дрожжей перед последующим использованием количество гликогена значительно уменьшается, причём тем сильнее, чем дольше и чем выше температура хранения.

Наряду с гликогеном дрожжи накапливают до 6 % трегаллозы (в пересчёте на сухое вещество). Трегаллоза – это резервный углевод, дисахарид, состоящий из глюкозных остатков. Этот резервный углевод также спустя некоторое время после начала брожения претерпевает расщепление, а затем синтез и накопление, которое протекает быстрее и интенсивнее при высокой температуре.

Метаболизм азотистых веществ. Азотистые вещества – наиболее важный источник питания. Они необходимы для построения протоплазмы и ферментов. Необходимые азотистые вещества дрожжевая клетка берет из пивного сусла. Дрожжи усваивают только низкомолекулярные аминокислоты с количеством углеродных атомов не более четырёх. Особое значение для дрожжей имеет аминная группа (NH₂), которая отщепляется и используется для строительства клеточного белка, а возникающие в процессе обмена другие продукты (например, высшие спирты) возвращаются во внешнюю среду и оказывают влияние на качество пиво: вкус, пеностойкость и другие показатели.



Метаболизм жиров. Дрожжи во время брожения в 4–6 раз увеличивают свою массу, должно быть синтезировано соответствующее количество липидов, при этом для синтеза липидов необходим кислород. Дрожжи усваивают жирные кислоты из сусла, хотя могут их синтезировать самостоятельно. Синтез начинается с пировиноградной кислоты посредством активации уксусной кислоты. Ненасыщенные жирные кислоты, синтезированные дрожжами, имеют большое влияние на гибкость клеточной мембраны; для этого синтеза также необходим кислород, поэтому процесс идёт в начале брожения.

Если у дрожжевой клетки слишком мало длинноцепочечных ненасыщенных жирных кислот, то способность клеточной мембраны пропускать из окружающей среды сильно уменьшается, а потребление аминокислот может вообще прекратиться.

Метаболизм минеральных веществ. Что касается минеральных веществ, то дрожжи в первую очередь нуждаются в фосфоре, сере и других веществах, которые являются постоянной составной частью клеток.

- Фосфор поступает из солода. Фосфор необходим для образования АТФ (аденозинтрифосфат); создания двойной фосфолипидной мембраны вокруг клетки; поддержания буферности, препятствующей сдвигу pH. Нехватка фосфора проявляется в плохом брожении и в отсутствии роста дрожжевых клеток.

- Сера усваивается дрожжами из неорганических сульфатов, из серосодержащих аминокислот и в виде SO₂ участвует в метаболизме клеточных аминокислот.

Важно, что ацетальдегид совместно с SO₂ способен связывать карбонилы, тем самым, препятствуя старению пива.

- Калий необходим для метаболизма углеводов.
- Натрий активизирует ферменты.
- Магний имеет решающее значение для реакций с фосфором, особенно при брожении.
- Кальций замедляет дегенерацию дрожжей и способствует хлопьеобразованию.
- Железо и марганец являются важнейшими микроэлементами, необходимыми для дыхания и почкования.

- Цинк оказывает влияние на синтез белка и для брожения имеет огромное значение. Недостаток цинка приводит к вялому брожению. Потребность в цинке составляет 0,1–0,15 мг/л сусла.

2.2.6.2. Размножение дрожжей

Дрожжевые клетки размножаются почкованием, а иногда спорообразованием. При нормальных условиях дрожжи размножаются почкованием. На материнской клетке образуется почка, вырастающая в дочернюю клетку, которая, достигнув определённой величины, после созревания отделяется от материнской клетки.

На размножение влияет ряд факторов: состав сусла, концентрация водородных ионов (рН), температура брожения и продукты брожения. Когда дрожжи вносят без подготовки в холодное сусло или сильно охлаждают, они испытывают “шок” и начинают выделять во внешнюю среду аминокислоты и нуклеотиды. Размножение их замедляется или совсем останавливается.

“Шок” от нагрева возникает у дрожжей при кратковременном повышении температуры до 37–40 °С. При этом начинается активный синтез определённых протеинов, но через несколько часов метаболизм возвращается в нормальное состояние. Оптимальная величина рН = 4,8–5,3.

Повышенная температура до 25–30 °С способствует размножению. Кислород воздуха благоприятствует размножению дрожжей.

Продукты брожения (спирт и углекислота) оказывают тормозящее действие на размножение дрожжей. Полное прекращение размножения дрожжей наступает при содержании спирта 12 % об. Углекислота угнетает развитие дрожжей. Концентрация до 0,2 % прекращает почкование, а дальнейшее повышение угнетает и бродильную способность.

Под агглютинацией (флокуляцией) понимают способность дрожжей собираться во время брожения и особенно в конце брожения в видимые хлопья, состоящие из отдельных клеток. Благодаря этому свойству создаётся возможность собирать дрожжи и использовать их для последующего сбраживания сусла.

Холодное брожение действует благоприятно на хлопьеобразование, поэтому в конце брожения температуру понижают до 2–3 °С.

Под автолизом понимают процесс саморастворения дрожжей, после отмирания. Происходящее в результате биохимических процессов распада сложных веществ (белков, углеводов, жиров) под действием ферментов. С отмиранием дрожжевых клеток прекращаются нормальные химические преобразования в них, необходимые для поддержания жизни, а действие ферментов продолжается, которое и обуславливает процесс автолиза.

При автолизе проявляется высокая активность протеолитических ферментов. Хранение дрожжей в тепле и тёплом ведении брожения стимулирует

автолиз дрожжей, так как с повышением температуры протеолитические ферменты активизируются. Поэтому дрожжи хранят при температуре 0–2 °С.

Расы пивных дрожжей. Дрожжи, применяемые в пивоварении, подразделяются на расы, отличающиеся друг от друга по характеру роста на питательных средах, размеру и форме клеток, степени сбраживания сахаров и т. д.

Пивные дрожжи относятся к культурным расам, созданным человеком, существующим только в производственных условиях.

Различают дрожжи верхового и низового брожения. В каждой из этих групп имеется несколько рас. Отличие верховых и низовых дрожжей: главное отличие – способность сбраживать раффинозу, верховые – не сбраживают. Сильносбраживающие дрожжи могут сбраживать мальтодекстрины. Широко применяются дрожжи низового брожения, реже применяются дрожжи верхового брожения, главным образом для темных и специальных сортов пива.

Требования, предъявляемые к дрожжам:

- дрожжи должны быть микробиологически чистыми;
- сильно и быстро сбраживать сусло;
- должны обладать хорошим хлопьеобразованием;
- должны быстро оседать и образовывать напиток с определённым вкусом и ароматом.

2.2.6.3. Разведение чистой культуры дрожжей

Дрожжи, необходимые для проведения брожения, могут быть получены при разведении чистой культуры (ЧК) дрожжей.

ЧК – это культура, выведенная из одной клетки.

Цель размножения ЧК состоит в том, чтобы за кратчайшее время подготовить в стерильных условиях задаточные дрожжи с правильным метаболизмом, которые обеспечат нормальное брожение и хорошее качество пива.

Принцип разведения ЧК дрожжей состоит в том, что активные дрожжевые клетки изолируют и размножают в стерильных условиях так долго, пока их количества хватит для использования в стандартной бродильной ёмкости.

При разведении ЧК различают три стадии:

- получение пригодных дрожжевых клеток (чаще всего это музейная культура);
- разведение ЧК в лаборатории до количества 5–10 л молодого пива в стадии высоких завитков;
- размножение ЧК на производстве до количества, вносимого в сусло при нормальных условиях. Для этого чаще всего используют установки для выращивания ЧК. Существуют различные варианты таких установок. В одном из них установка состоит из стерилизатора сусла, в котором сусло стерили-

лизуется и снова охлаждается и танков для размножения дрожжей (пропагаторов) различных размеров, в которых дрожжи последовательно размножаются, пока их количество не достигнет величины, достаточной для внесения в бродильную ёмкость.

Для размножения дрожжей необходимы три фактора: наличие кислорода, аминокислоты, микроэлементов.

Наличие кислорода – благодаря начавшемуся дыханию дрожжи получают активизированный обмен веществ.

Наличие аминокислот и микроэлементов. При размножении дрожжи нуждаются в большом количестве аминокислот и микроэлементов: 200–240 мг/л.

Условия разведения ЧК.

1. Главное условие для выращивания ЧК – стерильные условия, вплоть до бродильного аппарата. Попавшие инфицирующие микроорганизмы уже невозможно удалить какими-либо дополнительными методами.

2. Интенсивная аэрация стерильным воздухом.

3. Несмотря на то, что температура 20–25 °С более благоприятная для размножения, процесс ведут при температурах приближенных к температурам брожения.

4. Для разведения ЧК используют охмелённое сусло, так как горькие вещества обладают стерилизующим эффектом, они тормозят развитие постоянной микрофлоры.

2.2.7. Классическое брожение и созревание пива

Охлаждённое сусло передаётся в бродильные аппараты, куда задаются пивные дрожжи из расчёта 0,5–1 л на гектолитр сусла. Главное брожение начинается с внесения в сусло дрожжей. Режим брожения зависит от температуры и длительности главного брожения.

Внесение дрожжей. Под внесением понимают добавление дрожжей в сусло. Сусло непосредственно перед внесением в него дрожжей называется *начальным суслом*. Начальное сусло после внесения дрожжей называется *“молодым пивом”* При внесении дрожжей необходимо позаботиться о наличии достаточного количества кислорода в среде и о хорошем перемешивании.

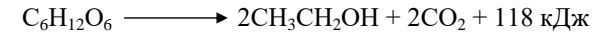
2.2.7.1. Процессы при главном брожении

При главном брожении происходит превращение сбраживаемых сахаров в спирт и двуокись углерода. Непосредственно сбраживаются: глюкоза, фруктоза, манноза, галактоза; из дисахаридов – мальтоза; сахароза – после расщепления их ферментами дрожжей.

Порядок сбраживания: фруктоза, глюкоза, сахароза, мальтоза.

Мальтотриоза сбраживается частично при главном брожении и частично, медленно при дображивании.

Спиртовое брожение представляет собой сложную цепь ферментативных процессов, конечным результатом которых является распад гексоз с образованием алкоголя и угольной кислоты с выделением тепла.



Этиловый спирт и углекислый газ являются основными и конечными продуктами спиртового брожения.

Побочные продукты: высшие спирты, эфиры, альдегиды, органические кислоты : янтарная, молочная, лимонная, уксусная и др.

Высшие спирты и эфиры влияют на букет молодого пива. На количество образующихся спиртов, кислот и эфиров влияют химический состав сусла и раса дрожжей.

Важным продуктом, образующимся при брожении, является диацетил $CH_3-CO-CO-CH_3$.

Это нежелательный ароматический компонент пива. Повышенное содержание диацетила (до 0,5 мг/л) в пиве придаёт ему неприятный медовый запах и вкус, лучше – до 0,1 мг/л.

Диацетил образуется в пиве дрожжами при главном брожении и вредителями пива – микроорганизмами при дображивании (сарцинами).

Содержание высших спиртов в пиве свыше 100 мг/л. Это ухудшает полезные свойства и вкус пива.

Изменение рН. Активная кислотность при брожении значительно возрастает. рН во время брожения снижается с 5,2 до 4,2. Понижение рН происходит за счёт образования углекислоты и органических кислот.

Изменение азотистых веществ. Содержание азота во время брожения уменьшается примерно на 1/3. Это уменьшение главным образом происходит за счёт потребления азота дрожжами, а так же благодаря коагуляции белков с понижением рН. Коагуляция азотистых веществ и хмелевых смол во время брожения имеет большое влияние на осветление и вкус пива.

Растворение углекислоты. Во время брожения пиво насыщается углекислотой. По окончании главного брожения нормальное содержание CO_2 в молодом пиве составляет 0,2 %, растворимость CO_2 как и во всех газах увеличивается с понижением температуры и увеличением давления.

Пенообразование. Образуется в процессе брожения, CO_2 сначала растворяется в сбраживаемом сусле, а по мере насыщения сусла выделяется в виде газовых пузырьков. На поверхности газов появляется адсорбированный слой из ПАВ (белки, пектин, хмелевые смолы). При слипании отдельных пузырьков получаются ячейки пены. Постепенно поверхность сусла покрывает

ся слоем пены. Сначала образуется мелкодисперсная пена, а затем она переходит в грубодисперсную.

В ходе брожения внешний вид пены изменяется. Внешне эти изменения характеризуются различной формой завитков. С понижением интенсивности брожения завитки опадают и слой пены уменьшается. В конце выделения пузырьков углекислоты завитки исчезают.

2.2.7.2. Ведение главного брожения

Брожение бывает холодным (5–8 °С) и тёплым (7–12 °С).

Температура сусла, при которой задаются дрожжи, называется начальной. Брожение начинается тогда, когда дрожжи соединяются с охлаждённым суслом.

Ведение главного брожения можно разделить на следующие стадии:

1. *Забел* – характеризуется образованием на поверхности сусла немножко белой пены. Первые признаки брожения появляются через 12–15 часов после задачи дрожжей. Продолжается 1–1,5 суток, характеризуется размножением дрожжей. Убыль экстракта за первые сутки 0,2–0,5 %. В конце стадии на поверхности появляются хмелевые смолы, белковые вещества.

2. *Стадия низких завитков*. Продолжается 2–3 суток. Убыль экстракта 0,5–1 %. Вся поверхность покрыта плотной компактной пеной. К концу стадии, вследствие окисления хмелевых веществ завитки приобретают желтовато-коричневую окраску.

3. *Период высокой завитков*. Длительность двое суток. Убыль экстракта снижается на 1–1,5 %. Достигается максимальная температура брожения. В этот период происходит хлопьеобразование дрожжей. Дрожжи оседают, а пиво осветляется.

4. *Стадия опадания завитков*. Постепенное опадание завитков, хлопьеобразование дрожжей, снижение экстракта на 0,5–0,2 %.

Контроль за ходом главного брожения заключается в наблюдении за изменением температуры и концентрации сбраживаемого сусла. Брожение как энергетический процесс характеризуется выделением тепла. Чтобы управлять процессом брожения специальная конструкция бродительных аппаратов. Бродительные аппараты в обязательном порядке оборудованы змеевиками или рубашкой для циркуляции ледяной воды, которая отводит тепло.

Полученный к концу главного брожения продукт называется *молодым пивом*.

Контроль за ведением брожения заключается в контроле температуры, а также измерение падения экстрактивности. Во время брожения экстрактивность сусла постоянно уменьшается. Степень уменьшения экстрактивности называется *степенью сбраживания* (СС). СС показывает, сколько процентов экстрактивных веществ, содержащихся в начальном сусле, сброжено.

Разница между экстрактивностью начального сусла ($E_{\text{нач. сусла}}$) и экстрактивностью пива в момент измерения называется *сброженным экстрактом* ($E_{\text{сброж}}$). Подсчет СС ведется по формуле:

$$CC = \frac{E_{\text{нач. сусла}} - E_{\text{сброж}} \times 100 \%}{E_{\text{нач. сусла}}}$$

Экстрактивность, определяемая сахарометром, называется *видимой* и СС, подсчитанная по формуле называется *видимой* (СС_в).

Действительная степень сбраживания (СС_д) получается после отгонки спирта в лаборатории. Приблизительно можно считать, что $CC_{\text{д}} = 0,81 \times CC_{\text{в}}$. Степень сбраживания определяется на протяжении всего процесса брожения. Но важно знать, какой процент экстракта вообще может быть сброжен, когда закончить брожение. Поэтому в лаборатории определяют *конечную степень сбраживания* (КСС).

КСС зависит от глубины ферментативных процессов, которые произошли в варнице, от расы и физиологического состояния дрожжей. Брожение ведут так, чтобы СС_д максимально стремилось к КСС, но важно, чтобы в пиве осталось ещё необходимое количество сбраживаемого экстракта 1–1,5 % для дображивания. Для каждого сорта пива своя степень сбраживания.

Определение конца главного брожения. Главное брожение считается законченным если:

- убыль экстракта снизилась до 0,15–0,2 % в сутки;
- поверхность пива покрыта слабым слоем пены и не более 1 см и при раздувании не смыкается, поверхность пива становится блестяще чёрной;
- пиво становится прозрачным.

Температура брожения снижается. Температуру снижаем далее, подготавливая пиво к перекачиванию на дображивание.

2.2.7.3. Дображивание и созревание пива

Перекачивание молодого пива. Под перекачкой понимают передачу молодого пива из бродительного отделения в отделение дображивания. Перед перекачиванием пиво охлаждают до 4–5 °С.

Молодое пиво, передаваемое для дображивания, называют *зелёным пивом*. Для нормального процесса дображивания требуется, чтобы в зелёном пиве осталось около 1,5 % сбраживаемого экстракта. При перекачивании молодого пива в лагерные танки, с пивом попадает определённое количество дрожжей. Количество дрожжей зависит от флокуляционной способности дрожжей, температуры пива. Чтобы избежать потерь углекислоты, в лагерном танке предварительно создаётся небольшое избыточное давление, а за-

полнение танка ведут снизу. Лагерный танк заполняется не полностью, а на 98 %.

Лагерную ёмкость закупоривают шпунтаппаратом. Благодаря этому удаётся избежать потерь образующегося диоксида углерода. Давление в лагерном танке возрастает, а шпунтаппарат служит для регулирования давления.

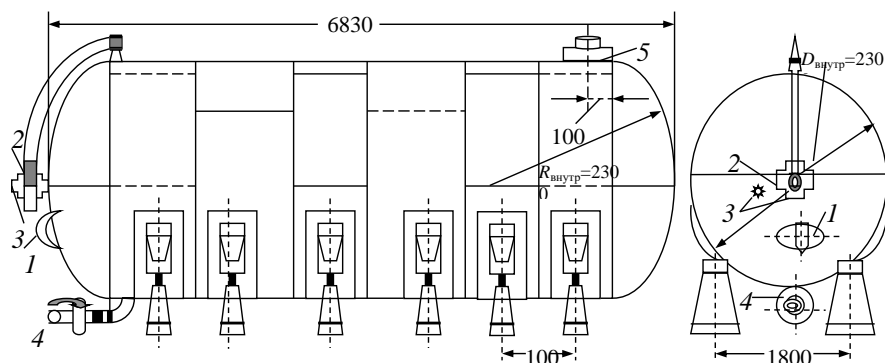


Рисунок 8 – Горизонтальный танк:

1 – люк; 2 – штуцер для шпунтаппарата; 3 – пробные краны; 4 – кран для наполнения танка и для спуска готового пива; 5 – предохранительный клапан

Сбор и хранение семенных дрожжей. После скачивания пива из чана, дрожжи остаются на дне. Различают три слоя дрожжей:

- верхний слой, состоящий в основном из опустившихся остатков деки и дрожжевых клеток, которые осели самыми последними;
- средний слой (семенные дрожжи), состоящий из самых здоровых и сильных клеток;
- нижний слой – самый нижний и тонкий слой, состоит из частичек хмелевых смол, опустившихся первыми, мёртвых дрожжевых клеток, из частиц взвесей.

Сбор дрожжей по отдельности из каждого слоя практически невозможен. Слои различаются степенью загрязнённости посторонними веществами, которые невозможно отделить от дрожжей.

Прирост дрожжевой массы составляет в среднем 2–2,5 л густых дрожжей на 1гл начального сусла.

По традиционной технологии снятые дрожжи промывали, очищали путём просеивания и хранили под слоем воды. При таком способе хранения велика опасность инфицирования. В настоящее время принципиально не рекомендуется применять просеивание. При хранении дрожжей под слоем воды выселачиваются под действием осмотического давления, витамины, минеральные вещества и аминокислоты. Дрожжи ослабевают. Поэтому в настоящее время дрожжи хранят под остатком сброженного пива. Если и хранят дрожжи под слоем воды, то в холоде и с добавкой сусла, но без аэрации.

Требования к хорошим семенным дрожжам:

1. Не должны содержать микроорганизмов – вредителей пивоваренного производства.
2. Доля мёртвых дрожжевых клеток не должна превышать 3 %.
3. Должны обеспечивать быстрое дображивание.
4. Максимально глубоко сбраживать пиво.
5. Сохранять полную активность в течении 8–10 генераций.
6. Иметь густую консистенцию.
7. Выглядеть чистыми и не содержать посторонних примесей.
8. По вкусу и запаху соответствовать производимому сорту пива.

Процессы при дображивании. При дображивании протекают те же процессы, что и при брожении пива, но значительно медленнее:

- сбраживание сахаров;
- дальнейшее насыщение CO_2 , растворение всегда, даже при небольшом количестве, весь газ не успевает растворяться и накапливается в танке, создавая избыточное давление, что способствует растворению углекислоты;
- осветление пива – очень важный процесс.

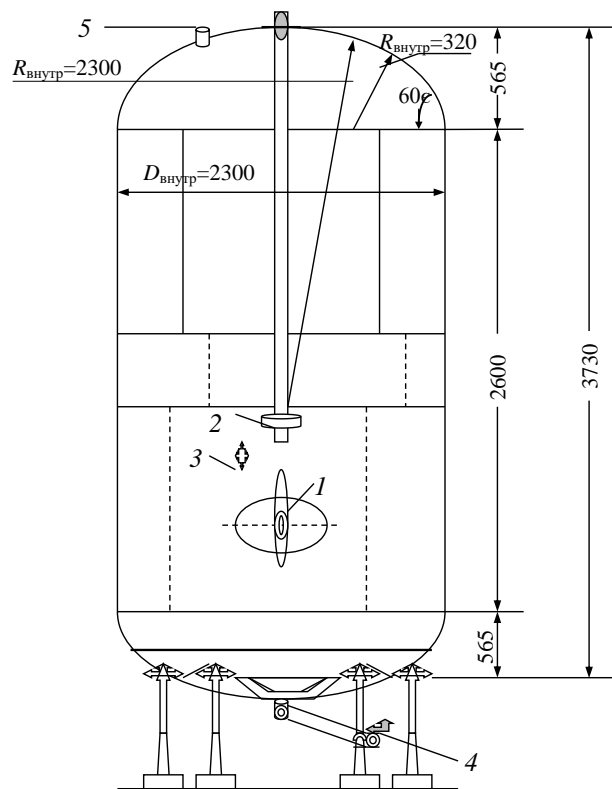


Рисунок 9 – Вертикальный танк:

1 – люк; 2 – штуцер для шпунтапарата; 3 – пробные краны; 4 – кран для наполнения танка и спуска готового пива; 5 – предохранительный клапан

Молодое пиво поступает в лагерный танк со взвешенными дрожжевыми клетками и другими взвешенными частицами. С понижением температуры пива происходит выделение тех веществ в пиве, которое при более высокой температуре были в растворе. В основном это белково-дубильные вещества. Взвешенные частицы оседают на дно. Происходит осветление пива. Дрожжевые клетки, садясь на дно, увлекают за собой скоагулированные белковые вещества. Для осветления необходимо продолжительное время. На процесс осветления влияет: объем танка, температура дображиваний. Следовательно, при дображивании протекают биохимические, химические, и физико-химические процессы. Оптимальным считается такое время выдержки,

при котором пиво хорошо насыщено, хорошо осветлено, имеет необходимую степень сбраживания.

Ход дображивания контролируют по:

- убыли экстракта;
- увеличению CO_2 ;
- аромату, вкусу и пенистости пива.

При дображивании нормальной считается температура от 0 до + 1 °С. Если температуру сразу снизить до 0 °С, то дрожжи не смогут расщепить ди-ацетил, и концентрация диацетила может быть высокой даже при длительной выдержке.

В настоящее время пиво выдерживают в лагерных танках, по меньшей мере 2–3 недели, но перед глубоким охлаждением контролируют содержание диацетила. Стадия выдержки пива при низких температурах должна составлять, по меньшей мере, одну неделю.

В процессе дображивания произошло осветление пива, но не достаточно. Для придания товарного вида пиву, его подвергают фильтрации. Для качества пива очень важна микробиологическая чистота пива. Важную роль играет чистота ёмкостей и трубопроводов.

2.2.7.4. Брожение и созревание пива в цилиндрических танках

Обычные бродильные чаны и лагерные танки имеют определённые ограничения по размеру. Необходимые большие площади производственных помещений, системы охлаждения помещений – это большие проблемы. Как один из выходов решения этих проблем – возникновение цилиндрических танков (ЦКТ).

Брожение и дображивание можно проводить в одном ЦКТ (однотанковый способ) или использовать ЦКТБ для брожения и ЦКТЛ для холодной выдержки (двухконтактный способ). Аналогично можно проводить брожение в ЦКТБ, а созревание и дображивание – в обычных лагерных танках.

Использование одного танка даёт серьёзные преимущества:

- уменьшаются затраты на мойку, так как моется одна ёмкость;
- уменьшаются потери CO_2 , так как пиво не перекачивается в пустой танк;
- уменьшаются потери пива, так как нет потерь при перекачивании и потерь на смачивание;
- сокращается рабочее время, так как пиво не надо перекачивать в другой аппарат;
- экономится электроэнергия. Так как пиво не перекачивается;
- не возникает опасности попадания кислорода.

Недостатком является менее эффективное использование объёма танка в стадии дображивания. По качеству пива заметного различия между двумя вариантами нет.

Режимы брожения созревания, применяемые для пива низового брожения, можно разделить на три группы:

- холодное брожение – холодное созревание;
- холодное брожение – тёплое созревание;
- тёплое брожение – холодное созревание.

Холодное брожение – холодное созревание. Этот режим известен по традиционному брожению. Дрожжи вносят в сусло температурой 6–7 °С, а затем позволяют температуре подняться до 8–9 °С. Данную температуру поддерживают 2 дня, а затем медленно охлаждают пиво до 3–4 °С. Разность между имеющимся экстрактом и конечным должна составлять 1,1–1,3 % при классическом брожении и 0,8–1,0 % при брожении в ЦКТ.

Пиво охлаждают медленно, чтобы дрожжи успели разложить диацетил ниже порогового (0,1 мг/л). Затем пиво выдерживают, как минимум одну неделю при температуре минус 1 °С. Очень долгое (свыше 5 недель) дображивание может вызвать негативные моменты:

- появление в пиве дрожжевого привкуса;
- повышение рН из-за автолиза дрожжей;
- ухудшение вкуса, пены и стойкости пива.

Холодное брожение – тёплое созревание. Тёплое брожение всегда приводит к возникновению большого количества побочных продуктов. Если брожение холодное, то образуется не так много побочных продуктов, которые, однако, могут хорошо расщепляться только при более теплом дображивании.

При холодном брожении, объединённом в одну стадию с последующим созреванием, главное брожение проводят при температуре 8–9 °С. При достижении степени сбраживания 50 % охлаждение отключают, и температура повышается до 12–13 °С. После созревания и контроля диацетила пиво выдерживают при низких температурах (минус 1 °С).

Тёплое брожение без давления – холодное созревание. Все происходящие при брожении и созревании реакции протекают быстрее при повышенных температурах. Этим фактом пользуются для ускорения брожения и созревания пива.

Дрожжи вносят при температуре 8 °С и позволяют температуре возрасти до 12–14 °С. При таких температурах образуется большое количество диацетила, но он и расщепляется быстрее и интенсивнее. После восстановления диацетила пиво охлаждают до температуры холодной выдержки (минус 1 °С) и выдерживают в течение не менее недели. Общая продолжительность процесса 17–20 дней.

Брожение под давлением. Если повысить температуру брожения ещё сильнее (свыше 20 °С), то образуется ещё больше побочных продуктов. Процесс идёт неконтролируемо, но повышенное давление сдерживает эти процессы. Это давление поддерживают до конца фазы созревания, а затем сбрасывают до противодействия, соответствующего температуре дображивания.

На девятый или десятый день пиво охлаждают и выдерживают в течение одной недели при температуре минус 1 °С. Общая продолжительность процесса составляет 17–20 дней.

Объем аппарата зависит от мощности варочного отделения. Танк должен за сутки заполниться. Свободное место для подъема пены 18–25 %. Угол наклона конуса 60–90 °. Танк можно установить вне помещения, но тщательно изолировать. Обслуживание такого оборудования требует применения автоматических систем контроля температуры, давления, насыщения CO₂, изменения экстрактивности.

Продолжительность брожения и дображивания в ЦКТ сокращается до 17–20 суток. Существуют разные режимы брожения, но конец дображивания – обязательно выдержка не менее недели при температуре минус 1 °С. На рис. 10 показан вид цилиндрикоконического танка.

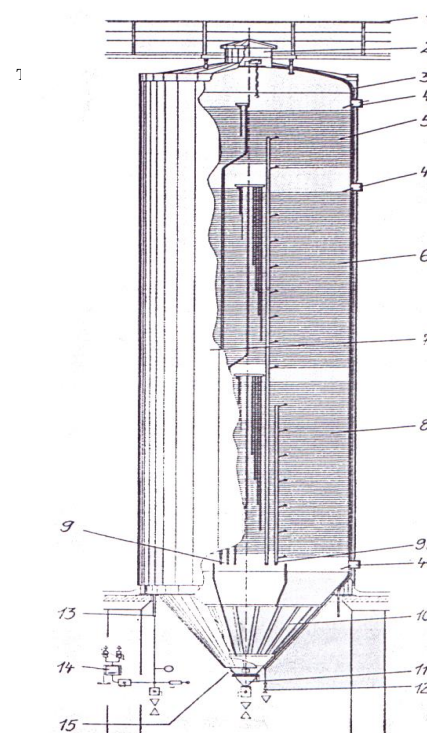


Рисунок 10 – Цилиндрикоконический танк (изоляция частично удалена):

- 1 – площадка для обслуживания;
- 2 – купол танка с арматурой;
- 3 – трубы с кабелем и дренажная труба, проложенные под изоляцией;
- 4 – гнездо для термометра;
- 5 – малая зона охлаждения для дображивания;
- 6 – зоны охлаждения для брожения;
- 7 – изоляция;
- 8 – зоны охлаждения для брожения;
- 9 – соединения для подвода жидкого аммиака с клапанами;
- 9а – отвод испарившегося аммиака;
- 10 – конусная зона охлаждения;
- 11 – капсульный патрубок с люком обслуживания DN 450;
- 12 – пробный кран;
- 13 – падающая на купол и отводящая с купола труба, проложенная под изоляцией;
- 14 – шпунт-аппарат;
- 15 – измеритель уровня, датчик опорожнения

2.2.8. Фильтрация пива

Пиво – это сложный коллоидный комплекс, который представлен декстринами, пектинами, пентозанами, дубильными и белковыми веществами, а так же горькими веществами хмеля. Пиво необходимо отфильтровать, то есть получить прозрачный продукт. Следовательно, *фильтрация* – процесс разделения, при котором из пива удаляются ещё оставшиеся дрожжевые клетки и другие вещества мути.

Цель фильтрации – сделать пиво прозрачным и настолько стойким, чтобы в нем не возникало бы никаких видимых изменений, и пиво сохраняло бы свой внешний вид.

Механизмы фильтрации:

- *поверхностное* (по принципу сита): частицы остаются на поверхности фильтрующей перегородки, так как размер частиц больше пор перегородки;

- *глубинное фильтрация*: применяются высокопористые материалы, которые обладают развитой поверхностью и лабиринтной структурой, так что жидкость вынуждена проходить большой путь. При этом частицы осаждаются. Здесь действует поверхностный и адсорбционный механизм фильтрации. Тонкие частицы, которые меньше пор, несут электрический заряд отличный от заряда фильтрующей поверхности и благодаря этому, адсорбируются на поверхности.

Фильтрующие перегородки. В качестве фильтрующих перегородок могут служить:

- сита всех видов: металлические щелевые, или в виде навитой проволочной проволоки.
- металлическая или текстильная ткань;
- фильтрующие слои из целлюлозы, хлопка, кизельгура, перлита;
- насыпные материалы (гравий, песок) – чаще всего применяют для воды;
- пористые материалы, такие как металлокерамические сплавы или спечённые металлы (чаще используются для фильтрации воздуха);
- мембраны (толщиной 0,02–1 мкм) – изготавливаются из полиуретана, полиакрила, полиамидов, полиэтилена, поликарбоната и др.

2.2.8.1. Виды фильтров и вспомогательные фильтрующие средства

Виды фильтров делятся на:

- намывные;
- пластинчатые фильтр – прессы;
- мембранные.

Чаще всего используются намывные фильтры.

Намывные фильтры – это фильтры, в которых фильтрация происходит через вспомогательное фильтрующее средство (чаще всего кизельгур или перлит), намываемое на фильтровальные перегородки.

Различают два этапа процесса: нанесение фильтрующего слоя и фильтрация с текущим дозированием.

Нанесение фильтрующих слоёв. Кизельгуровое фильтрация происходит через мелкопористую фильтрующую перегородку с размером отверстий 70–100 мкм. Для достижения безупречного фильтрационного эффекта фильтрующий слой наносится в три приёма:

- 1-й основной (первичный или предварительный) слой; для первичного слоя расходуют 700–800 г/м² кизельгура, что составляет 70 % от всего кизельгура, используемого для нанесения предварительных слоёв;

- 2-й основной или предварительный слой; он предназначен для того, чтобы после предварительных слоёв уже первый фильтрат был прозрачным; всего на основные слои с общей толщиной 1,5–3 мм расходуется около 1000 г/м² кизельгура; процесс длится 10–15 минут;

- текущее дозирование служит, прежде всего, для того, чтобы поддерживать проницаемость кизельгура, а значит и производительность фильтра после начала фильтрации на постоянном уровне; расход кизельгура для текущего дозирования составляет от 60 до 120 г/гл.

Виды намывных фильтров:

1. Намывной рамный фильтр-пресс – состоит из станины, на которой поочередно подвешены рамы и плиты, чаще всего квадратной формы. На пластины навешивается с двух сторон опорный картон, после чего рамы и плиты прижимаются друг к другу. На картон намываются слои кизельгура.

2. Намывной свечной (патронный фильтр) – представляет собой цилиндрическую вертикальную ёмкость с коническим дном. Под крышкой фильтра находится перфорированная пластина, к которой подвешены фильтрующие свечи. Фильтрующие свечи – это перегородки, на которые намываются слои кизельгура.

3. Намывной дисковый фильтр (фильтр с горизонтальными ситами) представляет собой вертикальный цилиндр. На пологом валу расположено множество круглых фильтровальных элементов, на которые намываются слои кизельгура, через которые идёт фильтрация.

Пластинчатые фильтр-прессы. В отличие от намывных рамных фильтр-прессов, пластинчатый фильтр-пресс не имеет рам и состоит только из пластин, между которыми укладываются фильтрующие слои (фильтр-картон), через которые происходит фильтрация.

Пластинчатые фильтр-прессы это уже вторая ступень фильтрации для улучшения качества и повышения стойкости пива.

В соответствии с назначением, фильтр-картон подразделяется на следующие типы:

- для грубого фильтрования;
- для осветляющего фильтрования;
- для тонкого фильтрования;
- для стерилизующего фильтрования.

На пивоваренных предприятиях чаще всего применяют фильтр-картон для тонкого фильтрования.

Мембранные фильтры. Для фильтрования с целью уменьшения содержания микроорганизмов в пиве и для обеспложивающего фильтрования в настоящее время все в большей степени используются мембранные фильтры.

В мембранных фильтрах пиво проходит сквозь мелкопористые мембраны и в значительной степени освобождается от микроорганизмов и образующих муть веществ. Мембраны предлагаются в форме фильтрующих модулей, мембранных свечей, а также в других вариантах.

Вспомогательные фильтрующие средства. Это порошкообразные материалы (такие как кизельгур или перлит), которые намываются на фильтровальную перегородку (ткань, сито, специальный картон), форма и структура которой делает фильтрование возможным в принципе.

В качестве вспомогательных фильтрующих средств в пивоварении используются кизельгур для фильтрования пива и перлит для фильтрования суслу.

Кизельгур – это ископаемые одноклеточные инфузорные водоросли (диатомиты), состоящие из диоксида кремния (SiO_2). Таких водорослей насчитывается более 15000 видов. Миллионы лет назад они покрывали дно морей и океанов в таком количестве, что с течением времени образовался их толстый слой. Добытый кизельгур подвергается обработке – высушивается при температуре 400 °С, размельчается. При такой обработке сохраняется естественная форма оболочки и пористость, что является важным. Вследствие пористости и особой структуры, фильтрующие слои из кизельгура образуют очень мелкопористую систему, которая может задерживать частички муты размером от 0,1 мкм.

Площадь поверхности кизельгура может достигать до 20 м²/г. Кизельгур бывает разных фракций: более крупный и мелкий. Чем мельче кизельгур, тем прозрачнее фильтрат, но ниже скорость фильтрования и наоборот.

Кизельгур не содержит вредных примесей. Важная характеристика для кизельгура – плотность во влажном состоянии (г/л). Лучше всего кизельгуры с плотностью ниже 300 г/л.

Перлит – материал вулканического происхождения, состоящий в основном из силикатов алюминия. Его нагревают до 800 °С, при этом вода расширяется и вспучивает, растрескивает перлит. Так образуется стекловидная структура, которую затем измельчают.

2.2.8.2. Тонкость фильтрования

К отфильтрованному пиву предъявляются различные требования относительно тонкости фильтрования. Одни заводы обходятся малой тонкостью, т.е. одним кизельгуровым фильтром, а биологическую стойкость обеспечивают за счёт пастеризации. Другие добиваются биологической стойкости за счёт обеспложивающего фильтрования, и тогда фильтрационная линия значительно удлиняется. На рис. 11 представлена схема современной фильтрационной линии.

Роль кислорода при фильтровании. В конце брожения и созревания пива содержание кислорода снижается до 0,0–0,01 мг/л. Сохранить это значение на том же уровне довольно трудно, но возможно. Каждое попадание кислорода в пиво при фильтровании оказывает ещё более вредное действие, чем попадание его в пиво до фильтрования. Снизить попадание кислорода при фильтровании до уровня менее 0,01 мг/л. позволяют следующие приёмы:

- не допускать затягивания воздуха при опорожнении танков;
- для создания противодавления использовать двуокись углерода;
- применять деаэрированную воду;
- устранять в трубопроводах “воздушные пробки”;
- создавать достаточно высокое избыточное давление перед фильтрационным насосом;
- применять инертный газ (CO_2 , N_2) для создания противодавления и опорожнения трубопроводов и ёмкостей;
- создавать противодавление в сборниках фильтрованного пива при помощи чистого CO_2 .

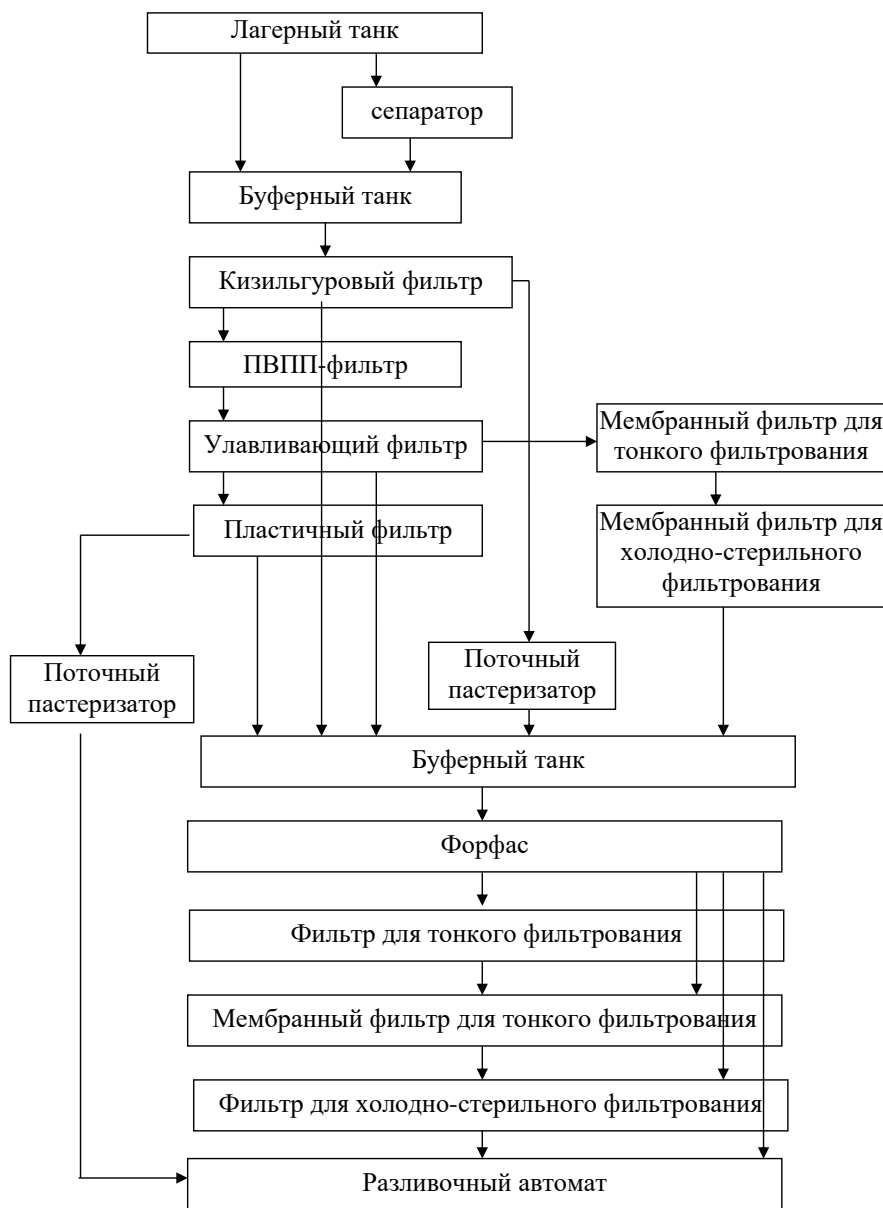


Рисунок 11 – Схема современной фильтрационной линии

2.2.8.3. Карбонизация и стабилизация пива

Обычно пиво сохраняет углекислоту до самого разлива в бутылки, однако, если пиво потеряло углекислый газ из-за низкого избыточного давления или повышенной температуры, возникает необходимость восполнить в пиве перед разливом содержание углекислоты. Этот процесс называется *карбонизацией*. Для этого устанавливаются специальные карбонизаторы.

При карбонизации необходимы следующие условия:

- CO₂ должен быть хорошо диспергирован в пиве, а затем должен иметь возможность раствориться;
- растворение CO₂ в пиве первоначально нестойко, поэтому связывание CO₂ возникает только спустя какое-то время.

Необходимо обращать внимание на качество CO₂. Так как карбонизаторы могут являться дополнительными источниками инфицирования, то желательнее обходиться без карбонизации.

Стабилизация пива. О стабилизации пива беспокоятся на протяжении всего технологического процесса. Стабилизация необходима для увеличения стойкости пива при хранении.

Стойкость – это способность пива противостоять помутнению, выраженная в днях, в течение которых пиво сохраняет товарный вид.

За короткий срок пиво может испортиться, и стать непригодным для употребления. Причины этого:

- присутствие в пиве микроорганизмов: они могут размножаться, выделяемые продукты метаболизма могут вызвать помутнение и сделать пиво непригодным для употребления;
- содержащиеся в пиве коллоиды под влиянием различных факторов со временем увеличиваются в размере и вызывают помутнение;
- со временем пиво теряет вкус.

Стабилизация пива бывает биологическая и коллоидная.

Часть приёмов стабилизации пива применяют на стадии фильтрования.

Биологическая стабилизация. Главное правило – педантичная чистота на всех участках производства. Для увеличения биологической стойкости существует пастеризация, а также холодно-стерильное фильтрование и разлив.

Пастеризация – это уничтожение микроорганизмов в водных растворах путём нагревания.

Фильтрование в несколько ступеней также способствует увеличению биологической стойкости. Это означает, что кроме кизельгурового фильтра применяют осветляющее и обесцвечивающее фильтрование на рамных фильтр-прессах или мембранных фильтрах.

Коллоидная стабилизация. Существует несколько причин коллоидного помутнения:

- сложные продукты распада белков и полифенолов (холодное помутнение);
- сложные продукты распада белков под действием тепла, кислорода, тяжёлых металлов и перемешивания выпадают в осадок (длительное или необратимое помутнение).

Для предотвращения коллоидного помутнения существует несколько правил.

1. Предотвращение возникновения (в процессе приготовления пива) большого количества сложных продуктов распада белков.
2. Удаление части сложных продуктов распада белков.
3. Ферментативное расщепление сложных продуктов распада белков.
4. Частичное удаление полифенолов в процессе производства.
5. Удаление из готового пива полифенолов.
6. Выдержка пива в лагерном отделении при низких температурах.
7. Недопущение попадания кислорода и его удаление.
8. Ферментативное расщепление полифенолов.
9. Исключение по мере возможности взбалтывания разлитого пива.
10. Хранение пива в условиях защищённых от попадания солнечных лучей.

Если не удаётся добиться стабилизации технологическими приёмами или требуется обеспечить большой срок хранения, применяют дополнительные методы стабилизации. Один из методов стабилизации можно применить во время дображивания пива и фильтрации. Это применение стабилизаторов пива – силикагелей. Стабилизаторы в пиве не растворяются и не влияют на вкусовые качества.

Силикагели связывают образующие помутнение белки, но не затрагивают пенообразующую фракцию. Они добавляются в количестве 50–150 г/гл при перекачке в лагерный танк или при фильтрации в ток при дозировании кизельгура. Силикагели изготавливаются из серной кислоты и жидкого натриевого стекла. При реакции этих веществ возникают продукты с крупно и мелкодисперсной структурой. Предпочтительнее всего силикагели с размером пор 3–3,5 мкм.

Важнейшее свойство силикагелей – это большая поверхность (400–700 м²/г) и, следовательно, высокая адсорбционная способность. Другой важнейший критерий выбора силикагелей – это распределение зёрен по величине. Лучшими адсорбционными свойствами обладают частицы размером от 8 микрон до 20 микрон.

Силикагели адсорбируют только белковые частицы, но нарушить коллоидную стабильность также могут дубильные и полифенольные вещества. Для их устранения применяют поливинилпиролidon.

Поливинилпиролidon (ПВПП) – это органическое соединение, которое “сшито” в трёх плоскостях и дополнительно укреплено молекулярными це-

почками. ПВПП адсорбирует дубильные (полифенольные) вещества. Обычно ПВПП применяют в комбинации с силикагелями, иногда без них.

ПВПП можно применять таким образом:

- добавлять в дозатор кизельгурового фильтра (в этом случае он не возвратен);
- использовать фильтрующие пластины, содержащие ПВПП;
- проводить стабилизацию с регенерацией ПВПП.

В настоящее время последний вариант находит все более широкое применение.

Для этого применяются специальные установки, состоящие из намывного фильтра, дозатора и насоса. На таких установках, возможно, проводить регенерацию ПВПП с повторным его использованием. *Регенерация*: слой ПВПП промывается тёплой водой. После этого фильтр заполняется циркулирующим 1 % раствором каустика при температуре 85 °С. Затем щёлочь вытесняется горячей водой, а через фильтр прокачивается кислота. В заключении, вся установка стерилизуется путём циркуляции горячей водой.

Даже, если пиво сделать биологически и коллоидно-стойким, вкус со временем ухудшается (пиво стареет в органолептическом плане).

Одной из причин, влияющими на вкус, является наличие в пиве кислорода. Чтобы связать избыток кислорода применяются *антиоксиданты*. Содержание кислорода в пиве желательно менее 0,01 мг/л. Противостоят окислению и связывают кислород аскорбиновая кислота и SO₂.

Диоксид серы образуется дрожжами, но его не достаточно, поэтому SO₂ добавляют в виде сульфитов (метабисульфит Na). Добавление этих продуктов также происходит на стадии фильтрования в ёмкость для фильтрованного пива.

2.2.9. Технологические требования к разливу пива

Пиво разливают в основном в бутылки, частично в банки, а оставшуюся часть в кеги, специальные бочонки и другие виды стеклосборники небольшой ёмкости.

Бутылки бывают из стекла (многоцветного и одноцветного использования), пластика (РЭТ, ПЭТ или смеси этих материалов).

Стекло является идеальным упаковочным материалом. Оно нейтрально для вкуса, газонепроницаемо, термостойко, не деформируется.

Недостатками стекла является то, что это тяжёлый, бьющийся материал, создаёт проблемы с удалением боя.

Под воздействием света с длиной волны от 350 до 500 нм, вкус пива портится. Пиво приобретает засвеченный привкус и тем сильнее, чем продолжительнее воздействием света. Поэтому лучше всего коричневая бутылка.

В последнее время применяются бутылки из лёгкого стекла многоразового использования и полимерным покрытием (в основном для разлива воды). Преимущества таких бутылок в том, что практически нет механического износа (если бутылка и выходит из строя, то не разбивается, так как полимерное покрытие её защищает). Недостатком является увеличение продажной стоимости.

В настоящее время многие напитки разливаются в пластмассовые бутылки. Преимуществом является малая масса и отсутствие боя, а недостатков значительно больше.

Недостатки:

- нельзя мыть при температуре выше 59 °С;
- происходит газообмен: CO₂ уходит, а кислород поступает в пиво;
- способность впитывать ароматические компоненты с отчётливо ощущаемыми вкусовыми оттенками, а позднее их выделять в продукт;
- повторное использование для пива проблематично из-за коррозии полимерных материалов.

Преимуществом РЭТ бутылки является повышенная термостойкость (до 100 °С) и меньшая газопроницаемость. Однако и РЭТ бутылки приемлемы для пива условно, так как активный газообмен присутствует, а пластмасса придаёт пиву посторонние привкусы.

Банки распространены для разных напитков. Банки бывают стальные (жестяные) и алюминиевые. Крышки почти всегда алюминиевые. У банок масса преимуществ. Они не бьются, лёгкие, нет необходимости обеспечивать возврат банок на приёмные пункты и использовать неудобные ящики, легко штабелируются, занимают мало места в холодильнике, светонепроницаемы прекрасный рекламоноситель, легко утилизируется.

Технологические требования к разливу пива. Кислород – враг пива. Борьба с кислородом ведётся по ходу всего технологического процесса. На выходе из лагерного танка пиво имеет концентрацию кислорода от 0,00 до 0,01 мг/л. Попадание кислорода на всем пути пива до входа в разливочный автомат, должно составлять максимум 0,01–0,02 мг/л.

Источники попадания кислорода:

- противодействие, создаваемое при выдавливании пива из лагерного танка;
- суспензия вспомогательного фильтрующего средства и фильтрационная установка;
- карбонизация пива;
- противодействие, создаваемое при наполнении и опорожнении фор-фасов;
- сальниковые уплотнения насосов;
- трубопроводы, шланги и арматура;
- все негерметичные места.

Существует три основных технологических требования к разливу пива.

1. Сохранить качество пива:
 - отсутствие перепада давления;
 - отсутствие перепада температур;
 - не допускать попадания кислорода.
2. Сохранение производственной санитарии, гигиены и эстетики.
3. Снижение потерь пива, расхода моющих средств.

На рис. 12 представлена принципиальная схема разлива пива.

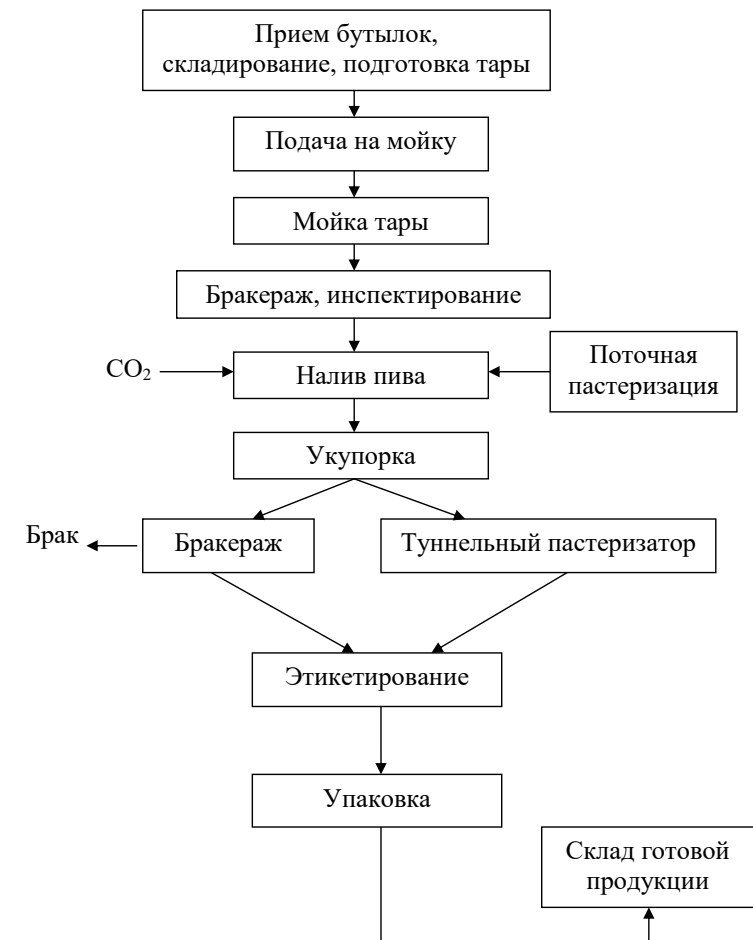


Рисунок 12 – Принципиальная схема разлива пива

2.2.10. Готовое пиво

Главными составляющими частями пива являются вода, алкоголь, углекислота и экстракт.

Содержание алкоголя в пиве колеблется от 2,8 до 6 % по массе в зависимости от сорта. Состав алкоголя – этиловый спирт и незначительное количество высших спиртов.

Нормальное содержание углекислоты составляет 0,35–0,4 %.

Экстрактивность пива в зависимости от степени сбраживания и сорта колеблется от 3 до 10 %. Основная часть экстракта (около 80 %) углеводы, которые представлены в основном декстринами, небольшое количество мальтозы и очень незначительное количество пентоз.

Наряду с химическим составом нужно учитывать и физико-химическое состояние веществ пива, которое для многих свойств имеет решающее значение.

2.2.10.1. Питательная ценность пива

Пиво, прежде всего, рассматривают как приятный вкусовой и жаждоутоляющий напиток. Однако, пиво имеет и определённую питательную ценность. Это прежде всего экстрактивная часть, которая усваивается организмом на 95 % и водно-спиртовой раствор слабой концентрации. Поэтому при умеренном потреблении пива спирт сжигается в организме человека до CO_2 и H_2O почти без остатка.

Для сравнения, калорийность 1л молока – 2849 кДж, а 1 л пива – 1676–3352 кДж.

Пиво не считают пищевым продуктом, так как только часть веществ служат для построения тканей организма.

Горькие вещества хмеля способствуют выделению желчи и улучшают процесс пищеварения.

Пиво является хорошим эмульгатором пищи, таким образом, увеличивает поверхность ферментативного действия на пищу. Это способствует более правильному обмену веществ и увеличению коэффициента усвояемости пищи.

Пиво содержит витамины тиамин (20–50 мкг/л), рибофлавин (340–560 мкг/л), никотиновой кислоты (5800–9000 мкг/л). Богатейшим источником витамина B_1 являются дрожжи.

2.2.10.2. Вкусовые достоинства пива недостатки

Пиво представляет собой очень сложную коллоидную систему. При выдержке достигается определённое равновесие этой системы, однако, пиво готовое к выпуску, все ещё бродит и очень чувствительно к различным воз-

действиям. Поэтому определение качества готового пива довольно сложный вопрос.

Прежде всего, качество пива должно удовлетворять вкусам потребителя, который требует, чтобы оно было освежающим, с чистым запахом и вкусом, хорошо пенящимся, насыщенным углекислотой.

Вкус пива характеризуется такими категориями как полнота вкуса, аромат пива, игристость, горечь пива.

Полнота вкуса должна проявляться таким образом, чтобы у потребителя оставалось о нём благоприятное впечатление. Вкус зависит от плотности пива и степени сбраживания.

Аромат пива формируется от расы дрожжей, сорта хмеля, чистоты производства.

Игристость проявляется благодаря CO_2 .

Горечь пива образуется благодаря хмелю, дубильным веществам, белкам, дрожжам.

Дальше характеристика вкуса пива идёт по дегустации.

Пенистость и пеностойкость пива. Пена образуется при наполнении бокала пивом за счёт выделения пузырьков CO_2 , которые улетучиваются вследствие падения давления. Пузырьки CO_2 , поднимаясь, обволакиваются плёнкой из ПАВ. Чем больше в пиве растворённого CO_2 , тем больше образуется пены. Но важен ещё показатель стойкости пены. Пена обладает стойкостью только благодаря присутствию ПАВ.

Цвет пива. Пиво бывает светлое, полутёмное, тёмное.

Вкусовые недостатки. Вкусовые недостатки обусловлены исходным сырьём или способом приготовления. Горький, вяжущий вкус может быть вызван некачественным хмелем. Дрожжевой вкус присутствует у молодого, невыдержанного пива.

Многие вкусовые недостатки вызваны микробной инфекцией. Иногда пиво приобретает посторонний привкус от соприкосновения с другими веществами и материалами. Все оборудование изготавливается из нержавеющей стали или покрывается защитными покрытиями.

Вкусовые недостатки иногда становятся заметными только после разлива. Это относится, например, к пастеризационному вкусу. Окисление, которое происходит при разливе, изменяет вкус пива. Окисленное пиво более горькое. Горечь обусловлена окислением дубильных веществ и хмелевых смол.

2.2.10.3. Стойкость пива и пути её увеличения, пастеризация

Пиво, разлитое в бутылки или кеги, должно определённое время сохранять свои хорошие первоначальные свойства, особенно хороший вкус, прозрачность и пенистость. Пиво приготовленное даже самым совершенным способом, не обладает неограниченной стойкостью, так как пиво представля-

ет собой сложную коллоидную систему, изменяющуюся под влиянием температуры, степени кислотности, времени хранения и т.д.

Изменение прозрачности пива обуславливаются как физико-химическими причинами, так и содержанием микроорганизмов в разлитом пиве. Бывает биологическое и коллоидное помутнение.

Биологическое помутнение вызывается развитием микроорганизмов в пиве. Асептическое ведение технологического процесса практически невозможно, хотя в настоящее время существуют такие линии, которые приближают разлив к асептическим условиям. Большинство микроорганизмов не могут развиваться в пиве, но все-таки есть такие – вредители пивного производства.

Дрожжевое помутнение вызывается культурными и дикими дрожжами. Муть, вызываемая культурными дрожжами безвредна, но товарный вид теряется. Дикие дрожжи образуют тонкую муть. Вкус пива изменяется, появляется посторонний фруктовый привкус.

Предотвратить дрожжевое помутнение возможно следующими приемами:

- достаточное сбраживание;
- хорошая фильтрация;
- высокая культура производства;
- пастеризация;
- ограничение кислорода в пиве.

Бактериальное помутнение вызывается бактериями и чрезвычайно опасно, так как приводит к порче пива. Правда такая муть встречается реже, чем дрожжевая, и появляется только при наличии серьезных недостатков в чистоте производства и нарушениях технологического процесса.

Вредителями пивоваренного производства являются молочнокислые и уксуснокислые бактерии, сарцина и термобактерии.

Наиболее часто пиво подвергается молочнокислому и уксуснокислому брожению. Эти бактерии развиваются при температуре 4–6 °С. Необходима низкая температура дображивания.

Пивная сарцина – один из видов молочнокислых бактерий, она даёт пиву неприятный медовый запах и вкус.

Термобактерии вызывают характерное помутнение пивного сусла и придают ему рыжую окраску. Сусло приобретает запах сельдерея. Оптимальная температура для развития подобного рода бактерий 30–37 °С. Предотвратить такое помутнение может только тщательная чистота производства.

Коллоидное помутнение. Появление муты небиологического характера в готовом пиве объясняется недостаточной устойчивостью некоторых веществ пива.

Чисто белковое помутнение внешне проявляется в форме мелких хлопьев, которые не растворяются при нагревании, чем и отличается данный вид помутнения от холодного.

Холодное помутнение пива наступает с понижением температуры. Сначала этот процесс является обратимым – муть исчезает при нагревании (первая ступень помутнения). Под действием кислорода воздуха в бутылке, света, металлов холодное помутнение превращается в необратимое. Появление холодного помутнения – первый признак окисления.

Окислительное помутнение возникает при длительном хранении, при большом содержании кислорода в бутылке (более 0,02 мг/л).

Предотвратить помутнение можно такими методами:

- стабилизация с применением стабилизаторов;
- правильное ведение технологического процесса.

Металло-белковое помутнение появляется при соприкосновении пива с металлами. Металл переходит в раствор и образует с белковыми веществами необратимые, нерастворимые соединения.

Пиво очень чувствительно к металлам. Достаточно почти невесомого количества для потери стойкости.

Предотвратить можно – не допускать соприкосновения с железом и уменьшать содержание кислорода в пиве.

Химические помутнения.

К химическим помутнениям относятся:

- щавелевокислое (оксалатное) – такое помутнение бывает редко и образуется в основном в пиве, полученном из прессованных дрожжей (вызывается щавелевокислым кальцием);
- клейстерное – возникает вследствие недостаточного гидролиза крахмала, а также промыванием дробины водой с температурой выше 80 °С.

Предотвратить такое помутнение возможно только правильным ведением процесса.

2.2.10.4. Технохимический и микробиологический контроль

Для того чтобы получать продукцию хорошего качества, необходимо осуществлять постоянный технохимический и микробиологический контроль за ходом технологического процесса. Контроль начинается со входного контроля за используемым сырьём и материалами. Дальнейший контроль за технологическим процессом осуществляется при помощи контрольно-измерительных приборов и автоматических систем. Лаборатория осуществляет лабораторный контроль как по ходу технологического процесса, так и физико-химический анализ готовой продукции. Важную роль играет микробиологический контроль производства, так как 75 % качества продукции – это санитария и культура производства. В табл. 2 и 3 приведены схемы тех-

нохимического и микробиологического контроля пивоваренного производства.

Таблица 2 – Схема теххимического контроля пивоваренного производства

Объект контроля	Контролируемые показатели	Методы контроля	Периодичность и место контроля
1	2	3	4
Сырье			
Ячмень	1. Органолептические показатели. 2. Влажность. 3. Крупность, содержание мелких зёрен, сорная и зерновая примесь. 4. Энергия и способность к прорастанию. 5. Заражённость зерновыми вредителями.	1. Органолептически. 2. Методом высушивания (ускоренным или до постоянной массы). 3. Разборка на ситах с последующим взвешиванием. 4. Выращивание в лабораторных условиях. 5. Разборка с лупой при хорошем освещении.	В день поступления на завод из каждого вагона, автомобиля. При решении вопроса о приёме ячменя, а также при поступлении на производство.
Ячмень при хранении	1. Температура. 2. Влажность. 3. Заражённость зерновыми вредителями.	1. Термометрически 2. Высушиванием. 3. Разборка с лупой.	
Хмель	1. Влажность. 2. Общее содержание горьких веществ.	1. Методом высушивания 2. Методом кондуктометрического титрования.	В каждой, поступившей на завод партии.
Вода для технологических целей	1. Органолептическая оценка. 2. Щёлочность. 3. Жёсткость.	1. Органолептически. 2. Титрованием. 3. Комплексометрическим методом.	Один раз в неделю.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Производство солода			
Очистка и сортировка ячменя	1. Содержание зёрен 1-го сорта во 2-м и наоборот. 2. Влажность. 3. Сорная и зерновая примесь.	1. Рассев на ситах с последующим взвешиванием. 2. Высушиванием. 3. Рассев на ситах с последующим взвешиванием.	Не реже 1 раза в неделю и при наладке сортировочного оборудования. Из каждой партии ячменя, поступающего на производство.
Замачивание	1. Степень замачивания. 2. Температура воды.	1. Взвешиванием 100г. зерна в сетчатом стаканчике. 2. Термометром.	В каждой замочке.
Солодоращение	1. Температура воздуха, входящего в ящики, и солода 2. Количество проросших зёрен. 3. Осахаривающая способность.	1. Термометром. 2. Подсчёт зёрен. 3. По йодной пробе солодовой вытяжки, полученной стандартным методом.	Постоянно. В каждом ящике на третьи сутки и идущего на сушку.
Сушка солода.	1. Температура сушки. 2. Анализ готового солода.	1. Дистанционными термометрами. 2. Согласно ДСТУ 4282:2004.	Во время сушки постоянно. В каждом закрое склада или силосе.
Приготовление сусла			
Полировка и дробление солода	1. Наличие целых и давленных зёрен в отходах. 2. Состав помола.	1. Рассев на ситах с последующим взвешиванием. 2. То же.	Периодически по мере необходимости и при наладке оборудования.
Затирание	1. Температура воды и затора. 2. pH 3. Полнота осаживания.	1. Термометром. 2. pH-метром. 3. По йодной пробе.	Постоянно при затирании. Каждого затора.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
<p>Готовое охмелённое сусло</p> <p>Охлаждение и осветление сусла</p>	<p>1. Массовая доля сухих веществ.</p> <p>2. pH</p> <p>3. Кислотность.</p> <p>4. Содержание аминного азота.</p> <p>5. Содержание мальтозы.</p> <p>6. Содержание горьких веществ.</p> <p>7. Осаждение белков.</p> <p>1. Прозрачность.</p> <p>2. Температура охлаждения.</p>	<p>1. Сахарометом.</p> <p>2. pH-метром.</p> <p>3. Титрованием.</p> <p>4. Медным или нингидриным способом.</p> <p>5. Методом Бертрана или методом Вильштеттеля–Шудля.</p> <p>6. Кондуктометрическое титрование.</p> <p>7. Визуально.</p> <p>1. Визуально.</p> <p>2. Термометром.</p>	<p>В каждой варке.</p> <p>Периодически.</p> <p>Периодически.</p> <p>В каждой варке.</p> <p>В каждой варке.</p> <p>Постоянно.</p>
<p>Брожение</p> <p>Молодое пиво</p> <p>Семенные дрожжи</p>	<p>1. Массовая доля сухих веществ.</p> <p>2. Видимая степень сбраживания.</p> <p>3. Температура брожения.</p> <p>1. Температура хранения.</p> <p>2. Состояние дрожжей.</p> <p>1. Температура.</p> <p>2. Шпунтованное давление.</p> <p>3. Осветление пива.</p> <p>4. Органолептические показатели.</p> <p>5. Полный анализ согласно ДСТУ3888-99.</p>	<p>1. Сахарометром.</p> <p>2. Сахарометром.</p> <p>3. Термометром.</p> <p>1. Термометром.</p> <p>2. Микроскопирование.</p> <p>1. Термометром.</p> <p>2. Манометром.</p> <p>3. Визуально.</p> <p>4. Органолептически.</p> <p>5. ГОСТ12787-67. Определение спирта и действительного экстракта.</p> <p>ГОСТ12788-87 Методы определения кислотности.</p> <p>ГОСТ30060-93. Методы определения органолептических показателей и объёма продукции.</p> <p>ГОСТ12789-87. Методы определения цвета.</p> <p>ГОСТ12790-81 Методы определения двуокси углерода и стойкости.</p>	<p>В каждом бродительном аппарате.</p> <p>В каждой ёмкости.</p> <p>В каждой ёмкости дображивания.</p>

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
<p>Фильтрация</p> <p>Сборники фильтрованного пива</p>	<p>1. Прозрачность</p> <p>2. Полный анализ готового пива на соответствие требованиям ДСТУ3888-99.</p>	<p>1. Визуально или мутномером.</p> <p>2. По гостированным методикам.</p>	<p>Во время фильтрации постоянно.</p> <p>В каждом сборнике фильтрованного пива.</p>
<p>Разлив пива</p>	<p>1. Температура в ваннах бутыломоечной машины.</p> <p>2. Концентрация щелочного раствора.</p> <p>3. Температура воды на ополаскивание бутылки.</p> <p>4. Наличие остаточной щелочи в бутылках.</p> <p>5. Температура пастеризации.</p> <p>6. Внешнее оформление.</p> <p>7. Полнота налива.</p> <p>8. Герметичность упаковки.</p>	<p>1. Термометром.</p> <p>2. Ареометром.</p> <p>3. Термометром.</p> <p>4. Реакция с фенолфталеином.</p> <p>5. Термометром.</p> <p>6. Визуально.</p> <p>7. Цилиндром при 20 °С.</p> <p>8. Погружением в водяную баню при 25 °С.</p>	<p>Постоянно при работающей машине, но не реже 3 раз в смену.</p> <p>Постоянно во время пастеризации.</p> <p>При наладке машины и периодически.</p>
<p>Готовое пиво</p>	<p>1. Внешнее оформление.</p> <p>2. Полный анализ по физико-химическим показателям.</p>	<p>1. Визуально.</p> <p>2. По гостированным методикам.</p>	<p>Каждую партию.</p>

Таблица 3 – Схема микробиологического контроля пивоваренного производства

Объект контроля	Место отбора проб	Наименование показателей	Периодичность контроля
1	2	3	4
Вода	Из кранов и шлангов в производственных цехах.	Общее число микроорганизмов, колититр.	1 раз в 10 дней
Сусло	Из отстойного чана, до и после теплообменника.	Стойкость с последующим микроскопированием плёнки, мути, осадка для установления основных групп микроорганизмов, вызвавших изменение сусла.	Не реже 2 раз в неделю в разные дни. Еженедельно.
Дрожжи (чистая культура)	Из аппаратов чистой культуры и сосудов для размножения дрожжей.	Общее количество микроорганизмов в 1мл. сусла. Процент мёртвых клеток. Наличие бактерий и диких дрожжей. Определение чистоты аппаратов.	При передаче в бродильное отделение. .Перед заполнением аппарата. Микроскопирование осадка после центрифугирования смывной воды. Перед передачей в бродильные аппараты.
Семенные дрожжи	Из дрожжевых ёмкостей.	Процент мёртвых клеток, упитанность по гликогену, наличие диких дрожжей и бактерий.	Перед передачей в бродильные аппараты.
Молодое пиво	Из бродильных аппаратов.	Дикие дрожжи, палочковидные бактерии, кокки, педиококки.	Микроскопирование проб из каждого бродильного аппарата не реже 1 раза в неделю.
Пиво в конце срока дображивания	Из лагерных танков.	Стойкость при 20 °С.	Из каждого танка за 7 дней до конца созревания (отбор проб в стерильные бутылки).

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Готовое пиво	Из автоматов для разлива, из бутылки.	Стойкость при 20 °С, общее количество микроорганизмов.	Каждую смену, каждый сорт.
Мойка оборудования	Из каждого вида оборудования	Общее количество микроорганизмов в 1 мл смывной воды.	Перед заполнением или началом работ. Микроскопирование осадка после центрифугирования.

2.3. Технология производства кваса

2.3.1. Общая характеристика и технологическая схема производства кваса

Хлебный квас – напиток с кисловатым вкусом и ароматом, обладающий жаждоутоляющим и освежающим свойством.

Квас получают в результате комбинированного незаконченного спиртового и молочнокислого брожения. Он содержит углеводы (мальтозу, сахарозу, декстрины), аминный азот, обуславливающие питательную ценность кваса, витамины В и D. Диоксид углерода, молочная кислота, меланоидины, спирт, альдегиды придают напитку специфический вкус.

Ассортимент квасов и напитков на хлебном сырье представлен следующими наименованиями:

- квасы, вырабатываемые методом брожения (хлебный, для крошки, “Днепровский”, хлебный для работников горячих цехов и др.);
- квасы бутылочного розлива и напитки из хлебного сырья (квас с хреном, “Русский”, “Московский”, “Литовский”, “Ароматный”, напитки: “Здоровье”, “Рижский солодовый”, “Богатырский” и др.).

Квасы, приготовляемые методом брожения, представляют собой продукт незаконченного спиртового и молочнокислого брожения квасного сусла, получаемого из смеси экстрактивных веществ хлебного сырья и сахарного сиропа с добавлением в некоторые виды яблочного экстракта, молочной сыворотки, аскорбиновой кислоты, хлорида натрия, хлорида кальция, кальция фосфорнокислого.

Технологический процесс производства хлебного кваса методом брожения состоит из следующих стадий:

- приготовление сусла;
- приготовление сахарного сиропа и колера;
- приготовление комбинированной разводки чистых культур дрожжей и молочнокислых бактерий;

- брожение сусла; купаживание сброженного сусла;
- разлив кваса.

Квасы бутылочного разлива и напитки из хлебного сырья – непрозрачные, коричневого цвета, кисло-сладкие на вкус или имеют приятную горчинку. Вкус и аромат их зависят от используемого сырья и различных добавок.

Технология выработки кваса бутылочного разлива включает следующие стадии:

- приготовление сахарного и купажного сиропов;
- приготовление колера;
- насыщение воды или напитка диоксидом углерода;
- разлив кваса и напитков.

На рис. 13 представлена технологическая схема производства кваса.

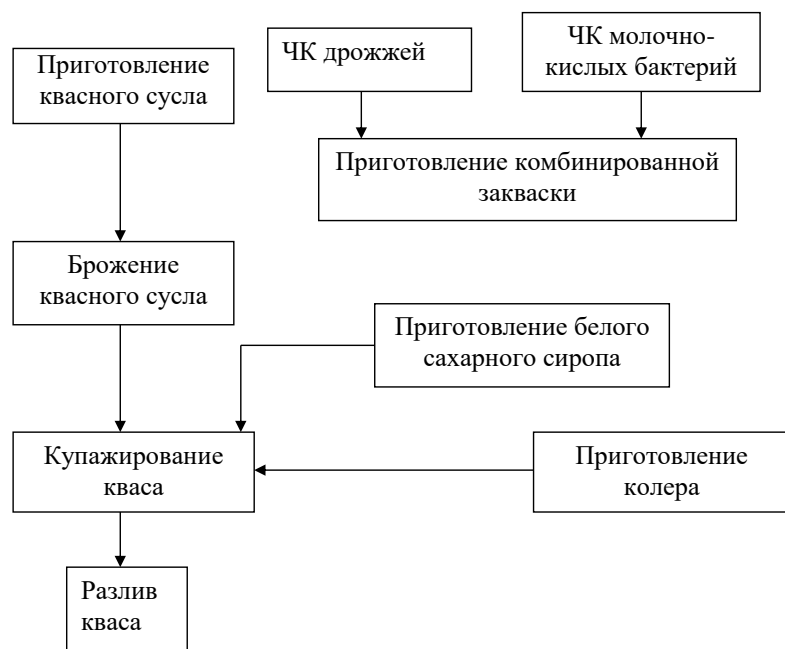


Рисунок 13 – Основные стадии производства хлебного кваса

Приготовление квасного сусла. Квасное сусло можно приготовить двумя способами: настойным (из квасных ржаных хлебцев или из сухого кваса) и разбавлением концентрата квасного сусла (ККС).

Настойный метод. Этот метод состоит в экстрагировании горячей водой растворимых веществ из квасных хлебцев или сухого кваса и отделении не растворившейся массы (квасной гущи). Квасные хлебцы выпекают из смеси ржаного и ячменного солодов, ржаной муки и воды (без дрожжей).

Хранить хлебцы можно не более 4–5 суток, поэтому их нарезают на ломти и сушат до влажности 8 %. Затем высушенные ломти дробят и получают, так называемый, сухой квас.

Разбавления концентрата квасного сусла (ККС). Это метод более распространённый и технологичный. При приготовлении сусла из ККС сначала в бродильно-купажный аппарат наливают воду температурой 30–35 °С и в ней растворяют ККС до массовой доли сухих веществ 1,4 % для хлебного кваса и до 1 % для окрошечного кваса. ККС подают в бродильно-купажный аппарат по частям – 2/3 расходуют на получение квасного сусла, а 1/3 вносят при купаживании, что улучшает вкус и аромат.

Сбраживание квасного сусла. Брожение квасного сусла проводят в бродильно-купажных или бродильных аппаратах, а также в цилиндрических бродильных аппаратах (ЦКБА).

В *бродильно-купажный* или *бродильный аппарат* подают квасное сусло и 1/4 часть сахара (в виде сахарного сиропа) от его общего количества, предусмотренного рецептурой. Массовая доля сухих веществ в начальном сусле для хлебного кваса должна быть не менее 2,5 %, а для окрошечного кваса не менее 1,6 %. После этого в сусло вносят комбинированную закваску из чистых культур дрожжей и молочнокислых бактерий (2–4 % к объёму сусла) или разводку, полученную из высушенных, технически чистых культур (0,8 % дрожжи и 0,06 % молочнокислые бактерии к объёму сусла). Брожение проводят при температуре 25–28 °С до понижения сухих веществ в сусле на 1 % мас. и достижения кислотности не ниже 2 см³ на 1 моль/дм³ раствора NaOH в 100 см³ кваса. В процессе брожения регулируют температуру, не допуская её повышения. Длительность брожения составляет 14–16 часов.

Для повышения стойкости сброженное сусло (квас), по окончании брожения, тщательно отделяют от дрожжей, для чего охлаждают в бродильно-купажном аппарате до 5–7 °С.

При брожении квасного сусла часть питательных веществ расходуется на рост дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий, а основная масса под действием ферментов преобразуется в новые продукты: сахара, этиловый спирт, органические кислоты, в том числе и молочную кислоту, диоксид углерода и др.

Процесс приготовления кваса в ЦКБА включает следующие стадии:

- пастеризация ККС;
- приготовление квасного сусла;
- заполнение аппарата;
- брожение квасного сусла;

- охлаждение сброженного суслу;
- отделение дрожжей;
- купажи́рование кваса;
- разлив кваса.

Пастеризацию ККС проводят в специальных ёмкостях путём нагрева до 75–80 °С с выдержкой при данной температуре в течение 30–35 минут, после чего передаётся на разбавление. Допускается пастеризовать уже разведённый концентрат. Квасное сусло при заполнении ЦКБА в количестве 70 % должно содержать 1,2 % сухих веществ, а в количестве 100 % – 2,2 % сухих веществ.

Брожение проводят при температуре 28 °С до снижения содержания сухих веществ в сусле на 1 % мас. Брожение суслу ведут при перемешивании каждые 2 часа в течение 30 минут. По окончании брожения, температуру понижают до 5–7 °С, дрожжи оседают в конической части, откуда сливают в сборник отработанных дрожжей.

После слива дрожжей производят купажи́рование кваса, добавляя оставшиеся 75 % расчётного количества сахара в виде сахарного сиропа и 30 % квасного суслу.

Приготовление смешанной закваски дрожжей и молочнокислых бактерий. Для приготовления заквасок используют дрожжи рас М, 131-К, С-2, хлебопекарные и винные дрожжи; молочнокислые-бактерии рас 11 и 13. Закваску готовят непосредственно на заводе по схеме. В разводке дрожжей ЧК для закваски должно содержаться дрожжей не менее 40 млн клеток в 1 см³, кислотность молочнокислых бактерий 6,8–7 см³ раствора NaOH концентрацией 1 моль/дм³ на 100 см³ среды.

Приготовление разводки дрожжей и молочнокислых бактерий представляет собой несколько пересевов с увеличением квасного суслу и числа микроорганизмов в лаборатории, а затем в отделении ЧК и в производстве.

Смешанную закваску готовят в сборнике смешанной закваски, куда задают разводку дрожжей и молочнокислых бактерий в соотношении 1 : 20 и добавляют сусло в соотношении 1 : 10.

Разведение прессованных хлебопекарных дрожжей. Кроме комбинированной закваски при производстве кваса можно использовать хлебопекарные дрожжи. Для разведения прессованных хлебопекарных дрожжей готовят сусло с массовой долей сухих веществ 3,0–3,2 %, добавляют сахарный сироп до массовой доли сухих веществ 8 %. Сусло кипятят в течение 30 минут и охлаждают до 28–30 °С. Дрожжи в количестве 15 г на 10 дал подготовленного суслу смешивают с водой в соотношении 2:1 при температуре 20–30 °С и полученную суспензию подкисляют до pH = 2,7–2,9 добавлением молочной кислоты и выдерживают 3 часа при температуре 20–30 °С. Затем суспензию смешивают с подготовленным суслем и через 2–3 часа задают в бродильно-купажный аппарат.

Купажи́рование хлебоного кваса. Этот процесс заключается в смешивании сброженного суслу с сахарным сиропом и колером. При сбравивании квасного суслу в бродильных аппаратах квас купажируют в специальном купажном аппарате. Для этого в сброженное сусло добавляют оставшиеся 75 % сахара в виде сахарного сиропа и, в случае необходимости, колер. Смесь тщательно перемешивают диоксидом углерода и выдерживают в купажном аппарате при охлаждении в течение 30–60 минут; при этом квас охлаждается, и осаждаются частицы хлебоприпасов, попавшие со сброженным суслем из бродильного аппарата, осаждаются дрожжи, которые активизировались после задачи сахарного сиропа.

В случае ведения брожения в бродильно-купажном аппарате, купажи́рование кваса проводят непосредственно в аппарате.

При купажи́рования кваса, приготовленного из ККС, кроме сахарного сиропа вносят оставшийся концентрат – 30 % от нормы, предусмотренный рецептурой.

В хлебный квас для горячих цехов при купажи́ровании добавляют расчётное количество хлорида кальция, фосфата калия, хлорида натрия, аскорбиновой кислоты.

Порядок купажи́рования следующий: к сброженному суслу добавляют сахарный сироп, при непрерывном перемешивании вносят раствор солей, а через 5 минут – раствор аскорбиновой кислоты. Готовый квас перемешивают и охлаждают до 12 °С.

Разлив и хранение хлебоного кваса. Хлебный квас разливают в транспортную тару: автотермоцистерны, автоцистерны и бочки.

Транспортную тару можно наполнять открытым способом и в изобарических условиях.

При наполнении *открытым способом* происходит потеря диоксида углерода и ухудшается качество кваса.

Для исключения потери диоксида углерода следует разливать квас *изобарическим способом*. В этом случае изотермические автоцистерны герметичны и квас хранится под давлением не ниже 0,02 МПа. Квас хранится на предприятии при температуре от 2 до 12 °С.

Гарантийный срок хранения при температуре 12 °С составляет 2 суток.

2.3.2. Стойкость кваса и требования к качеству

Низкая стойкость кваса вызвана протеканием биологических и физико-химических процессов. Биологические процессы наиболее отрицательно влияют на стойкость кваса, так как характеризуются развитием посторонних микроорганизмов.

Состав готового кваса, а также незаконченность спиртового и молочнокислого брожения обуславливают развитие диких дрожжей, слизевобразу-

ющих бактерий (лейконостока), уксуснокислых бактерий, термобактерий, плесневых грибов (пеницилловые, аспергилловые и др.).

Дикие дрожжи, развиваясь в квасе, подавляют культурные дрожжи и, питаясь продуктами брожения, придают ему неприятные вкус и аромат.

Бактерии рода лейконосток, размножаясь в квасе, вызывают появление тягучих нитей слизи, ухудшение вкуса.

Уксуснокислые бактерии угнетающе действуют на активность дрожжей и молочнокислых бактерий, образуют на поверхности кваса тонкие плёнки, окисляют спирт и уксусную кислоту и ухудшают вкус кваса.

Гнилостные термобактерии обуславливают появление в квасе мути и гнилостного запаха.

Плесневые грибы размножаются в квасе из-за присутствия в нем углеводов и аминокислот, вызывая плесневый запах и неприятный привкус.

Для поддержания микробиологической чистоты на всех стадиях производства кваса предусматривают мойку и дезинфекцию оборудования, трубопроводов, помещений, а также исключают использование обсеменённого сырья, полуфабрикатов и вспомогательных материалов. Кроме того, совершенствуют уровень технологии. Производят пастеризацию кваса или квасного сусла.

Требования к качеству кваса. Выпускаемые сорта кваса должны удовлетворять определённым требованиям (см. табл. 4).

Таблица 4 – Требования к качеству кваса

Квас	Массовая доля, %		Кислотность, см ³ р-ра NaOH концент. 1 моль/дм ³ на 100 см ³ кваса	Стой- кость кваса при 20 °С, сут
	сухих веществ	спирта		
<i>Хлебный:</i>				
на предприятии	5,8–5,4	0,4–0,6	2,0–4,0	-
в торговле	5,2–4,2	0,7–1,2	2,0–4,5	2
<i>Для окрошки:</i>				
на предприятии	3,2–3,0	0,4–0,5	2,0–4,0	-
в торговле	2,8–1,6	0,6–1,2	2,0–5,0	2
<i>Хлебный для горячих цехов:</i>				
на предприятии	5,8–5,4	0,4–0,6	3,0–4,0	2
в торговле	5,2–4,2	0,7–1,2	3,0–4,5	2

2.4. Технология производства этилового спирта

Этиловый спирт – прозрачная бесцветная жидкость, обладающая жгучим вкусом и характерным запахом. Температура кипения его при нормальном давлении 78,35 °С, плотность 789,27 кг/м³. Смешивается с водой в любых соотношениях и является хорошим растворителем.

Этиловый спирт широко используется в химической, электротехнической, парфюмерной и, конечно же, в пищевой промышленности. Применяется в качестве топлива для реактивных двигателей, в лабораторных исследованиях как антифриз, в медицине. Этиловый спирт является основой при приготовлении некоторых алкогольных напитков, содержится в коньяках, пиве, винах.

В пищевой промышленности этиловый спирт получают из зерновых культур, картофеля, свёклы и мелассы.

В других отраслях промышленности спирт вырабатывают из отходов сульфитно-целлюлозного производства и продуктов гидролиза древесины, а также синтезируют из попутных газов, содержащих этилен, получаемых при переработке нефти.

Известны два метода получения спирта:

- биохимический – сбраживанием сахаров под действием ферментов дрожжей;
- химический или синтетический – путём присоединения к этилену воды в присутствии катализаторов.

Нас интересует биохимический метод.

Для производства спирта биохимическим методом используют сырьё трёх видов:

- сахаросодержащее (отходы сахарного производства, свёкла, фрукты, ягоды, виноград);
- крахмалсодержащее (картофель, рожь, овёс, ячмень, кукуруза, пшеница);
- содержащее клетчатку (древесина, щепа, сульфитные щёлочи, солома, плёнки злаковых культур и другие отходы растений).

Процесс производства спирта (независимо от вида сырья), как любой биотехнологический процесс, включает в себя три основные стадии: подготовка сырья к сбраживанию, брожение, выделение спирта из полученной бражки.

Подготовка сырья к сбраживанию. Наиболее простая подготовительная стадия при переработке на спирт сахаросодержащего сырья. Например, мелассу разбавляют водой до концентрации 21–22 % сухих веществ, подкисляют соляной или серной кислотой, добавляют питательные вещества, содержащие азот и фосфор, необходимые для питания дрожжей, и субстрат готов к сбраживанию.

При использовании крахмалсодержащего сырья, на подготовительной стадии, необходимо произвести осахаривание крахмала. А так как крахмал, заключён в растительных клетках и труднодоступен для осахаривающих ферментов, сырьё разваривают насыщенным паром при давлении около 500 кПа (5 атм). Крахмал, при производстве спирта, гидролизуют до образования мальтозы, и получают сладкий затор.

При выработке спирта из сырья, содержащего клетчатку, основной технологической операцией на подготовительной стадии является гидролиз клетчатки. Этот процесс протекает в несколько стадий с образованием промежуточных соединений, а затем простейших сахаров – манноз. Гидролиз сырья, содержащего клетчатку, происходит только при высокой температуре (160–180 °С) в присутствии кислот и катализаторов. В результате получают гидролизат с кислой реакцией (рН 1,8–2,2), который перед сбраживанием нейтрализуют до рН 5–6. Из 1 тонны сухой древесины получают 170–200 литров спирта, это позволяет сэкономить в среднем 1,6 т картофеля или 0,6 т зерна.

Брожение. Эта стадия (собственно биотехнологическая), на которой происходит процесс превращения углеводов при помощи микроорганизмов (дрожжей) в целевой продукт – спирт.

Клетки микроорганизмов вырабатывают ферменты, которые можно разделить на две группы: экзо- и эндо-ферменты. Экзо-ферменты выделяются микроорганизмами в окружающую среду и воздействуют на органические вещества этой среды (углеводы, белки, жиры) вне клеток микроорганизмов. Производимые клетками эндо-ферменты остаются в них. Изменение питательных веществ при этом происходит внутри клеток, куда они поступают через клеточную протоплазму, а продукты разложения выделяются в среду. В результате в питательной среде накапливается спирт, и эта среда называется *бражкой*. Зрелая бражка содержит дрожжи, соли, несброженные углеводы, красящие вещества, глицерин, а её летучая часть – этиловый спирт, вода, примеси этилового спирта.

Выделение спирта из полученной бражки. Происходит путём отгонки на брагоректификационных установках. Если предприятие имеет цех по производству хлебопекарных дрожжей, то процессу отгонки предшествует процесс разделения жидкости и биомассы (бражку центрифугируют и отделяют дрожжи). Полученный спирт-сырец, при объёмной доле спирта примерно 90 %, содержит летучие примеси (эфир, альдегиды, кислоты, сивушные масла). После повторной отгонки (ректификации), получают спирт-ректификат.

2.4.1. Производство спирта из крахмалосодержащего сырья

2.4.1.1. Основные виды крахмалосодержащего сырья

Картофель – наиболее полно отвечает технологическим требованиям спиртового производства. Он даёт с единицы площади в три-четыре раза больше крахмала, чем зерно, быстрее разваривается, образует подвижное сусло. Содержит азотистые и фосфорные вещества в достаточном для питания дрожжей количестве. В расчёте на крахмал, из него получается самый высокий выход спирта.

К недостаткам картофеля относятся значительная трудоёмкость возделывания, плохая сохраняемость и подверженность заболеваниям, невыгодность транспортирования на далёкие расстояния.

Картофель принадлежит к семейству паслёновых, роду *Solanum*, вида *Tuberosum*. Это многолетнее растение южноамериканского происхождения, в культуре – однолетнее. Плод картофеля – ягода с мелкими семенами. Вегетативно картофель размножается клубнями, образующимися в подземной части растения.

Химический состав картофеля зависит от сорта, района произрастания, почвенно-климатических условий, агротехники, вносимых удобрений, продолжительности и условий хранения. В среднем клубни содержат 25 % сухих веществ и 75 % воды.

Вода находится в двух состояниях: свободном (78 %) и коллоидно-связанном (22 %). Свободная вода – хороший растворитель, легче испаряется и с понижением температуры замерзает. Вода, связанная с коллоидами (крахмалом, белками, пектиновыми веществами), не является растворителем, имеет большую плотность и замерзает при более низких температурах, чем свободная влага.

Сухие вещества состоят приблизительно из 24 % органических и 1 % минеральных веществ. Органические вещества содержат: крахмала (18,5 %), сахара (0,8 %), целлюлозы (клетчатки) (1,0 %), пентозанов и пектиновых веществ (1,5 %), азотистых веществ (2 %), жира (0,2 %).

Крахмал. В спиртовой промышленности различают понятия “крахмал” и “крахмалистость” сырья. Крахмалистость – это суммарное содержание крахмала и сахаров в пересчёте на крахмал, из которых может быть получен спирт. Иначе их можно назвать “сбраживаемые углеводы”. Крахмал составляет 70–80 % от сухой массы клубня и 95–98 % от массы углеводов.

Сахар. В зрелых покоящихся клубнях содержание сахара не превышает 0,3 %. При длительном хранении в условиях очень низких температур, содержание сахара увеличивается до 7–8 %. Сахар находится в виде глюкозы, фруктозы, сахарозы – преобладает глюкоза (около 75 %). Большое количество сахара нежелательно, так как при разваривании картофеля часть его те-

ряется вследствие протекания оксиметилфурфурольной и меланоидиновой реакций.

Целлюлоза, пентозаны и пектиновые вещества. Клетчатка (целлюлоза) является основным структурным элементом стенки клеток всех тканей клубня. Содержание клетчатки 0,9–2 %, пентозанов 0,7–1 %. Пектиновые вещества распределены неравномерно. Наибольшее их количество в кожуре (около 4 % к массе), в мякоти – 0,6 %. При хранении, под влиянием ферментов, пектиновые вещества частично растворяются, что приводит к размягчению клубней. В процессе разваривания они гидролизуются и являются источником образования метилового спирта.

Азотистые вещества. Содержание общего азота в картофеле колеблется 0,11–0,59 % и в пересчёте на белок около 2 %. Азот клубней распределяется следующим образом: белковый – 60 % (в т. ч. растворимый – 40 %, нерастворимый – 20 %); небелковый – 40 % (в т. ч. аминный – 26 %, амидный – 6 %, аммиачный – 8 %).

Белки картофеля делятся на простые (протеины) и сложные (протеиды).

Жир. Содержание жира в картофеле колеблется от 0,04 до 0,96 %. Жир состоит из триглицеридов линолевой, линоленовой, олеиновой и других кислот.

Витамины. Присутствуют следующие витамины (в мг/100г.): тиамин (В₁) – 0,12; рибофлавин (В₂) – 0,05; никотиновая кислота (РР) – 0,9; аскорбиновая кислота – 10; токоферол – 1; биотин (D) – 0,06; бета-каротин – 0,02.

Органические кислоты. Клеточный сок имеет слабокислую реакцию, обусловленную солями фосфорной и др. органических кислот (лимонная, яблочная, щавелевая, янтарная, малоновая, молочная, хлорогеновая и др.). Общая титруемая кислотность 2–7 мл 1N раствора NaOH на 100 г картофеля. Активная кислотность клеточного сока pH 5,7 – 6,6.

Минеральные вещества. Содержание – 0,5–1,9 %. В составе больше всего калия (44–74 %) и фосфора (8–27 %). Приблизительно 15–25 % всего фосфора связано в фитине, 10–15 % в амилпектине крахмала и большая часть в кислом фосфате калия.

Зерновые культуры. На спирт перерабатывается любое зерно, в том числе и непригодное для пищевых и кормовых целей.

Из зерновых культур лучшим сырьём является кукуруза. В ней содержится больше крахмала, меньше клетчатки, больше жира, что повышает кормовую ценность барды. Также широко применяются злаковые культуры: рожь, пшеница, ячмень, овёс.

По строению, зерно семейства мятликовых (злаков) имеет принципиально одинаковое строение. Оно состоит из трёх основных частей: зародыша, эндосперма и оболочек. Последних две – плодовая и семенная, причём плодовая расположена снаружи зерна, а семенная под ней.

Соотношение отдельных частей зерна различных культур (в масс. %) приведено в табл. 5

Таблица 5 – Соотношение отдельных частей зерна

Культура	Цветочная плёнка	Плодовая и семенная оболочка	Алейроновый слой	Зародыш	Эндосперм
Рожь	0	11–15	11–12	2,5–3,5	70–75
Пшеница	0	4–7	7–10	1,5–3,0	83–85
Ячмень	7–18	5–7	11–13	2,5–5,0	65–68
Овёс	23–45	2,5–4,0	4,0–6,0	3,0–4,0	61–65
Кукуруза	0	7,0–14	7,0–9,0	8,0–15,0	61–77

Химический состав зерна зависит от культуры и сорта зерна, почвенно-климатических условий, приёмов агротехники, условий хранения и др. В среднем зерно состоит из 14 % влаги и 86 % сухих веществ.

Вода. В практике различают четыре состояния товарного зерна: сухое (до 14%), средней сухости (от 14 до 15,5 % – критическая влажность), влажное (15,5–17 %) и сырое (более 17 %).

Влага, соответствующая сухому состоянию, является коллоидно-связанной, жизненные процессы в зерне сведены к минимуму; при средней влажности появляется небольшое количество свободной влаги и зерно может пробуждаться к жизни.

Сухие вещества. В зерне содержится в среднем 84 % органических веществ и 2 % минеральных, в том числе: крахмала 52 %, сахара 3 %, клетчатки 6 %, пентозанов и пектиновых веществ 9 %, азотистых веществ 11 %, жира 3 %.

Крахмал. Содержание в пшенице 48–57 %, во ржи – 46–53 %, в ячмене – 43–55 %, в овсе – 34–40 %, в кукурузе крахмалистой – 61–70 %, в кукурузе кремнистой – 54–71 %, в кукурузе зубовидной – 58–64 %.

В дефектном зерне содержание крахмала снижается.

Сахар. В здоровом зерне сахара от 0,6 до 7 %. Состоит в основном из сахарозы и небольших количеств три- и тетрасахаридов. В незрелом, морозобойном и проросшем зерне сахара больше.

Целлюлоза. Количество целлюлозы в зерне, свободном от цветочных плёнок, относительно невелико – 1,5–2,5 %. В зерне с неотделёнными плёнками оно повышается, например, в овсе – 10 %, в просе – 8 %, в ячмене – 4–5 %, горохе – 7,7 %.

Пентозаны, пектиновые вещества, гумми. В зерне содержатся гемицеллюлозы (полуклетчатки), состоящие из гексозанов и пентозанов, которые

наряду с клетчаткой участвуют в формировании клеточных стенок. Пентозаны являются доминирующей составной частью гумми (слизей). Общее содержание пентозанов в зерне – 7–15 %.

Азотистые вещества здорового зерна состоят главным образом из белков, которых может содержаться от 7 до 25 %. Свободные аминокислоты, амиды и пептиды присутствуют в очень небольших количествах. Лишь в зерне ржи их несколько больше, что объясняет благотворное действие ржи на дрожжи, при добавлении её в дрожжевое сусло.

Жиры. Триглицериды жирных кислот содержатся в зерне в относительно небольших количествах от 1,8 до 2,5 %. В кукурузе жиров 5–7 %, в овсе 5–6 %, в просе 3,5–5 %. Приблизительно 85 % жира локализовано в зародыше. В состав жира входят в основном непредельные кислоты (линолевая, линоленовая, олеиновая); из предельных – главным образом пальмитиновая.

Витамины. В зерне содержатся жирорастворимые витамины – токоферолы и водорастворимые – тиамин (0,3–0,8 мг/100г), рибофлавин (0,07–0,3 мг/100г), никотиновая кислота (1,3–7,2 мг/100г), пиридоксин, биотин, пантотеновая кислота. Аскорбиновой кислоты в покоящемся зерне нет, но она появляется при его прорастании.

Минеральные вещества и кислоты. Количество золы составляет 1,5–6 % от массы зерна. Минеральные вещества содержатся главным образом в периферийных частях зерна (оболочках и цветочных плёнках) и в зародыше. Доминирующая часть золы состоит из фосфата калия. Около 85 % фосфора от общего содержания находится в органических соединениях (нуклеопротеидах, фосфатидах и фитине).

Кроме фосфорной кислоты найдены: щавелевая, яблочная, молочная. Общая кислотность зерна 1,5–2,5 мл 1Н раствора NaOH на 100 г зерна. Активная кислотность водной вытяжки рН = 5,5–6,5. При самосогревании, плесневении и прорастании зерна кислотность повышается.

2.4.1.2. Приём и хранение крахмалосодержащего сырья

Приём картофеля. Основные показатели качества свежего картофеля, предназначенного для промышленной переработки, определены требованиями ГОСТ 6014-68.

Внешний вид: клубни должны быть целыми, сухими, чистыми, размером по наибольшему поперечнику не менее 3 см. Содержание крахмала не менее 14 %. Допускается к приёму картофель, содержащий не более 1,5 % прилипшей земли, 4 % клубней размером от 2 до 3 см, механически повреждённых 2 %, поражённых фитофторозом 2 %.

Картофель, предназначенный для текущей переработки, выгружают в оборотные склады (рештаки); предназначенный для длительного хранения – на буртовое поле.

В рештаки из самосвалов картофель поступает самотёком, из бортовых автомашин разгружается при помощи автомобилеразгрузчиков различных типов. Для разгрузки автомашин, учитывая значительную засорённость картофеля, целесообразно применять разгрузочно-укладочную машину РУМ-2, которая во время выгрузки картофеля частично отделяет землю и равномерно заполняет рештак по длине. Железнодорожные саморазгружающиеся вагоны или полувагоны с открывающимися бортами наиболее эффективно разгружать гидравлическим способом.

Во время приёма картофеля осуществляют входной контроль:

- определяют крахмалистость на специальных гидростатических весах, называемых картофельными;
- загрязнённость – по разности массы исходного и вымытого картофеля;
- содержание мелких, больных и повреждённых клубней.

Приём зерна. На спиртзаводах используется зерно двух категорий: для производства солода и непосредственно на разваривание.

Для приготовления солода используют высококачественное зерно, которое должно удовлетворять требованиям, приведённым в табл. 6. Цвет ячменя – светло-жёлтый, допускается потемневший; овса – белый или жёлтый; проса – жёлтый, красный, серый, белый; ржи – жёлтый и зелёный разных оттенков; запах – свойственный зерну (не допускается затхлый, плесневелый и другие посторонние запахи).

Качество зерна, идущего на разваривание, не регламентируется. Во всех случаях желательнее иметь здоровое зерно с высокой крахмалистостью, влажностью 14–17 % в зависимости от культуры и небольшой засорённостью.

Различают четыре степени дефектности зерна: первая – зерно, вышедшее из стадии биологического покоя, с солодовым запахом; вторая – зерно с плесневело затхлым запахом; третья – зерно с гнилостно-затхлым запахом; четвертая – зерно, подвергшееся сильному самосогреванию, с оболочкой бурого или чёрного цвета.

Таблица 6 – Требования к высококачественному зерну

Показатели	Рожь	Ячмень	Овёс	Просо
Влажность (не более, %)	15,5	15,5	16,0	15,0
Засорённость (сорная и зерновая примесь, не более, %)	5,0	5,0	5,0	5,0
Сорная примесь (не более, %)	2,0	2,0	2,0	2,0
В том числе:				
минеральная примесь (не более, %)	-	0,2	0,2	0,2
галька (не более, %)	-	0,1	0,1	-
шлак руда (не более, %)	-	0,05	0,05	-
вредная примесь (не более, %)	-	0,2	0,1	0,2
головня и спорынья (не более, %)	-	0,1	0,05	-
горчак розовый, вязель, мышатник, опьяняющий плевел, горчак-софора (вместе или отдельно), (не более, %)	-	0,05	-	-
гелиотроп опушенноплодный и триходесма инканум	-	не доп.	не доп.	-
куколь (не более, %)	-	0,3	0,2	-
Зерновая примесь (не более, %)	-	3,0	3,0	4,0
Мелкие зёрна (не более, %)	-	5,0	-	-
Всхожесть (способность прорасти) на пятые сутки (не менее, %)	-	92,0	92,0	92,0
Энергия прорастания на третьи сутки (не менее, %)	85,0	85,0	85,0	85,0
Натурная масса (не менее, г/л)	685,0	565,0	420,0	-
Зараженность амбарными вредителями	не доп.	не доп.	не доп.	не доп.

2.4.1.3. Подготовка крахмалосодержащего сырья к переработке

Подготовка крахмалосодержащего сырья к переработке заключается в следующем. Картофель моют в мойках, сходных с теми, что применяются на свеклосахарных заводах, и освобождают от земли, соломы, ботвы, камней. Затем его измельчают на картофелетерочных машинах, чтобы “разорвать” клетки клубня и освободить зерна крахмала. Зерно после очистки от примесей дробят на молотковых или вальцовых дробилках.

Измельчённое сырьё направляют в смеситель для смешивания с водой. На 1кг зерна добавляют 2,5–3,5 л воды, на 1кг картофеля – 0,2–0,5 л воды.

На рис. 14 дана обобщённая функциональная схема переработки крахмалистого сырья на спирт.

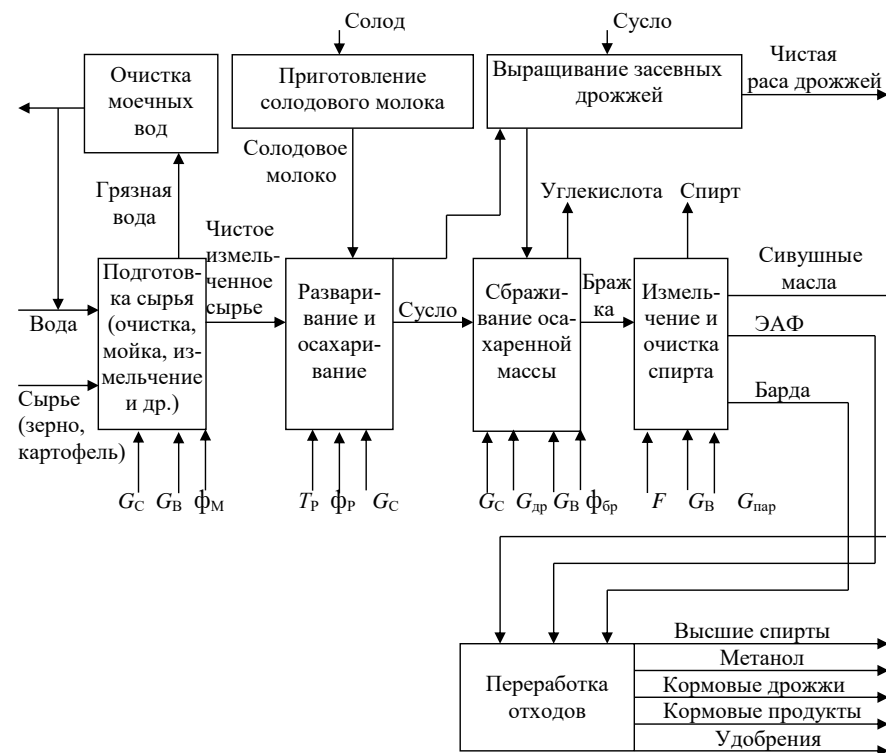


Рисунок 14 – Обобщённая функциональная схема переработки крахмалистого сырья на спирт

2.4.1.4. Водно-тепловая обработка крахмалосодержащего сырья

Основная задача водно-тепловой обработки – подготовка сырья к осахариванию крахмала амилолитическими ферментами солода или микробными препаратами. Осахаривание наиболее полно и быстро происходит тогда, когда крахмал доступен для их действия (не защищён клеточными стенками), оклейстеризован и растворен, что возможно достичь тремя способами:

- применением тепловой обработки цельного сырья при повышенном давлении (разваривания);
- сверхтонким механическим измельчением сырья на специальных машинах;

▪ механическим измельчением сырья до определённых размеров частиц с последующим развариванием под давлением (комбинированный способ).

Цельное крахмалсодержащее сырьё в разварнике обрабатывается паром под избыточным давлением до 0,5 мПа (при 158,1 °С). В этих условиях растворяется крахмал, размягчаются и частично растворяются клеточные стенки сырья, и при последующем выдувании сырья в паросепаратор (выдерживатель) происходит разрушение клеточной структуры.

При измельчении до размера частиц (меньшего, чем крахмальные зерна), разрушаются клеточная структура сырья и сами крахмальные зерна. Вследствие чего они растворяются в воде при 60–80 °С и подвергаются осахариванию амилолитическими ферментами. Этот способ пока не применяется из-за большого расхода электроэнергии.

Широкое применение получил *комбинированный способ*, согласно которому сырьё вначале измельчают до частиц средним размером 1–1,5 мм, а затем разваривают.

На рис. 15, 16 показан вид сырья, подготовленный к осахариванию крахмала.

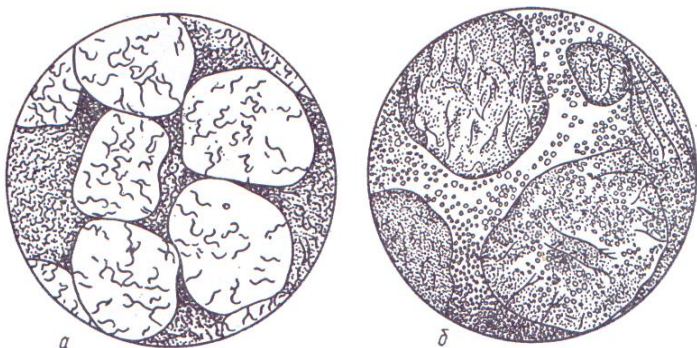


Рисунок 15 – Клетки клубня картофеля:
а – в конце разваривания; б – после выдувания

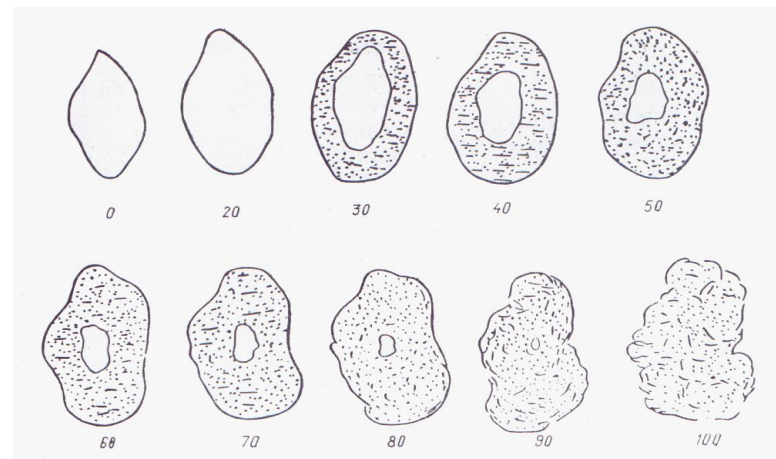


Рисунок 16 – Изменения целого зерна при разваривании под давлением (цифры указывают время в минутах)

2.4.1.5. Химические превращения углеводов, азотистых и других веществ

Превращение крахмала. Крахмал в растительных клетках находится в виде мелких гранул (зёрен). Размер крахмальных зёрен колеблется в широких пределах от 1 до 120 мкм. По химическому составу гранулы крахмала состоят из двух полисахаридов – амилозы и амилопектина.

Амилоза – длинная неразветвленная цепь остатков Д-глюкопиранозы, соединённых между собой б-1-4-глюкозидными связями.

Амилопектин имеет разветвлённое строение. Остатки Д-глюкопиранозы в линейных участках связаны, как и в амилазе, б-1-4-связями, а в точках ветвления имеются связи б-1-6. Одно разветвление образуется в среднем через 25 глюкозных остатка.

Содержание амилозы и амилопектина в крахмале колеблется в зависимости от вида растений и условий их произрастания. В среднем 20–25 % амилозы и 75–80 % амилопектина.

При водно-тепловой обработке происходят физико-химические и химические превращения.

Физико-химические превращения. Амилоза легко растворима в тёплой воде и образует растворы невысокой вязкости.

Амилопектин растворяется в воде при нагревании под давлением и даёт вязкие растворы.

При нагревании в воде крахмал набухает и превращается в гель. В определённом температурном интервале, под действием осмотических сил, крахмальные гранулы сильно увеличиваются в объёме, ослабевают и разры-

ваются связи между отдельными структурными элементами, нарушается целостность гранул. При этом резко возрастает вязкость раствора, происходит клейстеризация крахмала. Температура клейстеризации зависит в основном от природы крахмала, величины зёрен и др.

Температура клейстеризации пшеничного крахмала – 54–62 °С, ржаного – 50–55 °С, ячменного – 60–80 °С, кукурузного – 65–75 °С, картофельного – 59–64 °С.

При нагревании суспензии крахмала в воде при температуре 35–45 °С вязкость несколько снижается; при 75–80 °С, резко возрастает; при 90 °С достигает максимальной величины и при более высоких температурах резко снижается.

Химические превращения (главным образом гидролитические). Ферментативному гидролизу крахмал подвергается при подваривании, благодаря содержащимся в нем амилазам (самоосахаривание). При температуре до 70 °С среди продуктов гидролиза преобладают сахара, а при температуре 75–80 °С – декстрины. Образование сахаров нежелательно, так как при повышении температуры они теряются (разлагаются).

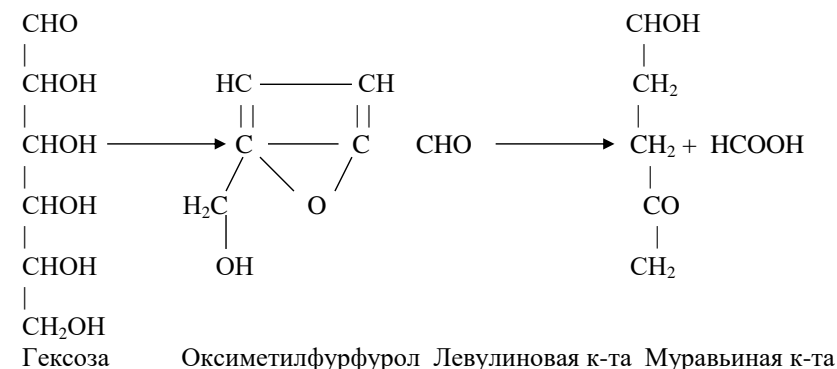
Превращение сахаров. В крахмалосодержащем сырье присутствует сахар, во время подваривания сырья образуются дополнительные количества сахара. В процессе разваривания гексозы распадаются с образованием оксиметилфурфура.

Оксиметилфурфуrol – нестойкое соединение, в свою очередь распадается до леулиновой и муравьиной кислот. Часть оксиметилфурфура конденсируется, образуя красящие вещества (жёлто-коричневого) цвета.

Из пентоз образуется фурфурол, более стойкое соединение.

Устойчивость отдельных моносахаридов зависит от pH и режима разваривания. Минимальное количество глюкозы распадается при pH = 3,4; фруктозы при pH = 3,6; арабинозы при pH = 2,8. Следовательно, для сохранения моносахаридов в процессе разваривания наиболее благоприятная слабощелочная реакция среды с pH около 3,5.

В условиях мягкого режима разваривания (по непрерывным способам) разлагается минимальное количество гексоз.



Моносахариды (по степени устойчивости) в слабощелочной среде располагаются в следующий ряд: фруктоза < арабиноза < глюкоза.

Таким образом, с точки зрения сохранения сахаров оптимальным является pH = 3,5.

Однако в практике способ подкисления пока не нашёл применения в связи с тем, что требуются дополнительный расход минеральных кислот и защита варочного оборудования от коррозии.

Второй по интенсивности реакцией разложения сахаров в процессе разваривания является образование меланоидинов (сахаро-аминная реакция Майяра). Скорость меланоидиновой реакции можно снизить тем же путём, что и скорость оксиметилфурфуринового разложения сахаров – смягчение режима разваривания и pH = 3,5.

Превращение целлюлозы, гемицеллюлоз, гумми- и пектиновых веществ. Целлюлоза при разваривании под давлением 0,4–0,5 мПа практически не изменяется. Гемицеллюлозы (пентозаны) частично растворяются и частично гидролизуются до декстринов и менее высокомолекулярных соединений. Пектиновые вещества при разваривании гидролизуются с образованием метанола. Чем жёстче режим, тем больше образуется метанола, который при ректификации трудно отделить, так как температура кипения его близка к температуре кипения спирта.

Превращения азотистых, жировых и других веществ. При температуре до 100 °С белки картофеля и зерна коагулируются и частично денатурируются, вследствие чего наблюдается некоторое уменьшение количества растворимого азота. При температуре 140–158 °С оно увеличивается, что объясняется пептизацией белков.

В процессе разваривания жиры изменяются незначительно, так как температура 140–158 °С недостаточна для расщепления глицеридов.

Нормальное сырье имеет слабощелочную реакцию, соответствующую pH = 6,0–6,2.

Количество кислых соединений при разваривании увеличивается, поэтому разваренная масса имеет большую кислотность, чем исходное сырье. При разваривании происходит освобождение фосфорной кислоты из её неорганических и органических соединений. Кроме того при распаде сахара образуется левулиновая и муравьиная кислоты.

Потери сбраживаемых углеводов при разваривании. Основной показатель спиртового производства, характеризующий правильность выбора и выполнения технологического режима – выход спирта из 1 тонны условного крахмала сырья. Успешный выбор режима разваривания достигается в том случае, когда потери сбраживаемых углеводов невелики. Суммарные потери меньше в том случае, когда мельче размер крупки, мягче режим разваривания.

Способы разваривания сырья. На спиртовых заводах применяют способы непрерывного и периодического (в одну и три ступени) разваривания.

Одноступенчатое разваривание осталось только на очень небольшом количестве мелких старых заводов. Основной аппарат – разварник Генце.

Недостатки этого способа: низкая производительность оборудования, связанная с периодичностью; большой расход пара; большие потери сбраживаемых углеводов (3–5 %), обусловленные необходимостью применять жёсткие режимы разваривания.

Трехступенчатое разваривание позволило повысить производительность разварника на 12–15 %, сократить расход пара на 20–30 % и увеличить выход спирта на 0,3 дал/1т крахмала. Позже появились скоростные непрерывные схемы разваривания: установка ВНИИПрБ и установка УкрНИИСП

Непрерывное разваривание. Технологические требования к установкам для непрерывного разваривания – хорошо подготовить крахмалосодержащее сырье к осахариванию при минимальных потерях сбраживаемых веществ, минимальных затратах пара, электроэнергии и труда. Аппараты должны быть просты в обслуживании и безопасны в эксплуатации.

Процесс разваривания состоит из 4 х стадий:

- измельчение сырья;
- подваривание замеса;
- разваривание подваренного сырья;
- выдувание разваренной массы.

Измельчение сырья. При непрерывном разваривании сырья возникла необходимость в его измельчении, так как подача его в варочный аппарат в целом виде представляет значительные трудности. Измельчение сырья производится обычно до размеров крупки 1,5–1,7 мм.

Зависимость выхода спирта от размера частичек в оптимальных режимах разваривания описывается уравнением:

$$V = A - Bd,$$

где V – выход спирта из 1 т крахмалосодержащего сырья для крупки данного измельчения;

A и B – коэффициенты, зависящие от вида сырья и способа подваривания;

d – средний диаметр частиц крупки, мм.

Дальнейшее увеличение степени измельчения ограничивается отсутствием измельчающих машин, на которых можно за один проход добиться тонкого помола со сравнительно небольшим расходом электроэнергии.

Некоторые заводы внедряют 2-х ступенчатое измельчение, позволяющее получить помол с 75–80 % проходом через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Применение измельчения со 100 % проходом через сито с отверстиями диаметром 1 мм позволит повысить выход спирта ещё на 0,3–0,4 дал из 1 т крахмала, снизить температуру варки со 140 до 135–132 °С и сократить продолжительность разваривания на 10–15 минут.

Таким образом, одно из технологических требований к установкам непрерывного разваривания – применение тонкого измельчения сырья. В настоящее время степень помола ограничивается проходом через сито с отверстиями диаметром 1 мм не менее 60 %, а для кукурузы 75–90 %.

Подваривание замеса. При переработке зерна процессу подваривания предшествует смешивание крупки с водой. Оно должно вестись так, чтобы замес был однородным и не содержал комочков теста.

В задачу стадии подваривания входит наиболее полное использование вторичного пара на предварительный нагрев сырья и обеспечение частичного набухания и клейстеризации крахмала сырья с целью смягчения режима последующего разваривания. Полное набухание и клейстеризация недопустимы, так как приведут к потере транспортабельности подваренного замеса. Нежелательно накопление сахаров при температуре 55–65 °С.

В связи с этим при подваривании необходимы быстрое нагревание массы до заданной температуры, определяемой степенью измельчения и скоростью повышения вязкости, а также быстрая передача нагретого замеса на разваривание.

При использовании для разжижения замесов бактериальной β -амилазы массу быстро нагревают до 95–98 °С и выдерживают при этой температуре 15–20 минут до полного набухания, клейстеризации и разжижения.

Разваривание подваренного замеса. В процессе разваривания подваренный замес смешивается с паром в контактных устройствах, и выдерживаются в непрерывном потоке при определённом температурном режиме.

Масса перекачивается насосом, обрабатывается паром в контактных устройствах, движется с большой скоростью по трубопроводам и выдувается при перепаде давлений. Таким образом, частицы замеса в процессе разваривания кроме теплового подвергаются и механическому воздействию, способствующему их диспергированию.

Основные требования, предъявляемые к стадии разваривания – это равномерный прогрев массы в контактном устройстве до заданной температуры, соблюдение правильного соотношения продолжительности и температуры варки и сведение до минимума неравномерности прохождения отдельных частиц развариваемой массы через аппарат.

Выдувание разваренной массы. При выдувании разваренной массы происходит отделение пара в результате перепада давлений. Паросепаратор должен обеспечить отделение пара от массы и его удаление из аппарата без уноса частиц разваренной массы.

2.4.1.6. Осахаривание разваренной массы, осаживающие материалы

Осахаривание разваренной массы, как правило, осуществляется непрерывно и лишь на некоторых заводах малой мощности периодически.

Независимо от способа, процесс осаживания складывается из следующих операций.

1. Охлаждение разваренной массы до определённой температуры, которая после смешивания массы с солодовым молоком или микробной культурой понизится до температуры осаживания.

2. Смешивание разваренной массы с солодовым молоком или микробной культурой.

3. Осахаривание крахмала.

4. Охлаждение сусла до температуры “складки” – начальной температуры брожения.

5. Перекачка сусла в дрожжевое и бродильное отделение завода.

Способы непрерывного осаживания.

Одноступенчатое осаживание. По этому способу охлаждение разваренной массы, смешивание с солодовым молоком (микробной культурой) и осаживание ведут в одном аппарате – осаживателе, а сусло охлаждают в теплообменнике.

Осахариватель представляет собой цилиндрическую ёмкость со сферическим или коническим днищем. Сверху аппарат закрыт крышкой с вытяжной трубой. Внутри имеются змеевики для охлаждения. Равномерный уровень поступающей массы поддерживается поплавком.

Аппарат заполняется массой 75–80 %, продолжительность пребывания массы 20–25 минут. При снижении температуры до 65 °С подают осаживающий материал, что снижает температуру до 57–58 °С. Когда масса в осаживателе осаживается, начинают непрерывную подачу в аппарат разваренной массы и отбор осаживаемого сусла. Поступление осаживающих материалов регулируется дозатором. Температура осаживания регулируется подачей воды в змеевик и поддерживается 58–57 °С при использовании солода и 55–56 °С при использовании глубинной культуры плесневых грибов.

Сусло из осаживателя перекачивают через теплообменник в бродильный чан. Сусло охлаждается до температуры 25–26 °С при 2-х суточном брожении и до 18–20 °С при 3-х суточном брожении.

Двухступенчатое осаживание. Это осаживание отличается от предыдущего варианта тем, что процесс ведут последовательно в двух аппаратах с различным количеством осаживаемого материала и при разных температурах

Осахариватель первой ступени имеет такое же устройство, как и при одноступенчатом осаживании. Осаживатель второй ступени выполнен в виде длинной трубы диаметром 100–150 мм, 30 % осаживаемого материала поступает в осаживатель первой ступени, 70 % – в трубопровод перед насосом, перекачивающим сусло из осаживателя первой ступени в осаживатель второй ступени. Температуру поддерживают в первом осаживателе 60–61 °С, во втором 57–58 °С. Продолжительность осаживания в первом – 10 минут, во втором 2–5 минут.

Осахаривание с одноступенчатым вакуум-охлаждением. При работе этим способом разваренную массу до поступления в одноступенчатый осаживатель охлаждают до температуры 62–63 °С в вакуум-испарительной камере. В осаживателе отсутствует поверхность теплообмена и диффузор, пропеллерная мешалка находится сбоку. В испарительной камере поддерживается разрежение 0,08 мПа. Вследствие самоиспарения воды температура почти мгновенно понижается до соответствующей этому разрежению и равной указанной выше. Вакуум в камере создаётся за счёт конденсации выделяющегося пара, водой в конденсаторе, а смесь воды, конденсата и не сконденсировавшихся газов откачивается микровоздушным насосом, типа РМК. Охлаждённая масса по барометрической трубе стекает в осаживатель.

Осахаривание с двухступенчатым вакуум-охлаждением. Сущность этого способа заключается в том, что охлаждение не только разваренной массы перед осаживанием, но и сусла до температуры брожения осуществляют с помощью вакуума, создаваемого в испарительных камерах 1-й и 2-й ступеней, а разрежение в испарительной камере 2-й ступени создают парожеторным вакуум-насосом. При этом полностью исключаются громоздкие теплообменники, и появляется возможность вторичного использования воды на охлаждение.

Трёхступенчатое вакуум-охлаждение сусла. С целью сокращения расхода воды на охлаждение сусла с 57–58 °С до 20 °С вакуум-испарительную камеру и соответственно конденсатор разделяют на три части (секции) и устанавливают четыре парожеторных вакуум-насоса.

Применение вакуумного охлаждения разваренной массы вследствие его быстроты предотвращает ретроградацию амилозы, затрудняющую осаживание. Вакуумное охлаждение увеличивает выход спирта, снижает содер-

жание метанола, фурфурола и других летучих примесей, а также снижается обсеменённость сусла посторонними микроорганизмами.

Осахаривающие материалы.

Крахмал, растворенный при разваривании зерна и картофеля гидролизуют (осахаривают) амилолитическими ферментами зернового солода или культур микроорганизмов, преимущественно плесневых грибов.

Культуры плесневых грибов имеют перед солодом преимущества:

- их выращивают на пшеничных отрубях или фильтрате зернокартофельной барды, то есть на отходах мукомольного или спиртового производства, тогда как для приготовления солода расходуется 14–20 % кондиционного зерна в расчёте на массу крахмала сырья, идущего на разваривание;
- при солодоращении теряется 16–18 % крахмала солода, остаётся неосахарённой и, следовательно, не сбраживается;
- с солодом вносятся посторонние микроорганизмы, что отрицательно сказывается на выходе спирта;
- культуры плесневых грибов содержат комплекс амилолитических ферментов, отличающийся от ферментов солода и позволяющий глубже и полнее гидролизовать крахмал;
- в плесневых грибах активнее цитолитические ферменты, расщепляющие гемицеллюлозы до сахаров, часть которых сбраживается дрожжами;
- плесневые грибы очень быстро размножаются, для выращивания готовой культуры достаточно 1–1,5 суток, для проращивания зерна в солод 8–10 суток;
- глубинные культуры выращивают в стерильных условиях, что обеспечивает “чистоту” процесса.

Функции солода и культур плесневых грибов не ограничиваются осахариванием крахмала, в них входят накопление в сусле достаточного количества органического азота для питания дрожжей.

В спиртовой промышленности применяют смесь солодов различных злаков, например, ячменный и просяной солод, так как в ячменном солоде выше амилолитическая активность ферментов, а в просянном – декстринолитическая

Культуры плесневых грибов, чаще всего используемые в спиртовом производстве:

- при поверхностном культивировании на твёрдой среде;
- при глубинном культивировании плесневых грибов.

2.4.1.7. Спиртовые дрожжи

Сахар, содержащийся в сусле, сбраживается в спирт дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*, представляющими собой одноклеточные микроорганизмы, относящиеся к классу аскомицетов (сумчатых грибов).

Спиртовые дрожжи относятся к дрожжам верхнего брожения в отличие от пивоваренных. Верхневые дрожжи бродят при температуре 28–33 °С, на поверхности бродящей массы образуется много пены. Под воздействием бурно выделяющегося CO₂ дрожжи все время выносятся на поверхность бродящей массы.

Спиртовые дрожжи должны обладать высокой бродильной активностью, быстро и полно сбраживать сахара, быть устойчивыми к собственным продуктам обмена (спирту) и к продуктам обмена посторонних микроорганизмов. В зависимости от вида сырья, перерабатываемого на спирт, используют различные расы.

Для сбраживания сусла, приготовленного из крахмалистого сырья, чаще всего используют дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* расы XII. Эти дрожжи верхневые, слабо-хлопьевидные. Форма клеток круглая, размерами 5–6 мкм. Активно почкуются первые 12 часов, затем размножение замедляется и начинается брожение. Хорошо переносят повышенную кислотность среды. Полностью сбраживают глюкозу, фруктозу, галактозу, сахарозу, мальтозу, маннозу, на 1/3 раффинозу. Не сбраживают лактозу, пентозы и декстрины. В среде накапливают до 13 % спирта.

2.4.1.7.1. Условия жизнедеятельности дрожжей

К условиям, обеспечивающим нормальную жизнедеятельность дрожжей, относятся прежде всего: температура, pH, состав питательной среды.

Температура и pH. Дрожжи живут и размножаются в широких диапазонах температур, но для нормальной их жизнедеятельности необходима температура 29–30 °С. При очень высокой или очень низкой температуре жизнедеятельность дрожжей ослабляется или прекращается. Максимальная температура для развития дрожжей 38 °С, минимальная – 5 °С, при температуре 50 °С дрожжи погибают.

Оптимальная температура для развития и проявления максимальной бродильной активности не всегда совпадают.

Сусло из крахмалосодержащего сырья сбраживают при температуре 28–32 °С.

При повышенной температуре дикие дрожжи и микроорганизмы размножаются значительно быстрее сахаромицетов. Это необходимо помнить при ведении брожения.

На жизнедеятельность дрожжей значительно влияет активная кислотность среды. Дрожжи сохраняют жизнеспособность в пределах pH среды от 2 до 8. При pH ниже 4,2 дрожжи продолжают развиваться, а молочнокислые бактерии прекращают. Это свойство дрожжей используют для подавления развития бактерий в инфицированной среде, которую подкисляют до pH 3,8–4 и выдерживают определённое время.

Состав питательной среды. О потребности дрожжей в питательных веществах судят по их химическому составу, который зависит от питательной среды, условий культивирования дрожжей и их физиологических особенностей.

Сухие вещества дрожжей включают 23–28 % органических веществ и 5–7 % золы. Органические вещества состоят из 13–14 % белка, 6–8 % гликогена, 1,8–2 % целлюлозы и 0,5–2 % жира.

Различают экзогенное и эндогенное питание дрожжей. При экзогенном питании вещества поступают в клетку из внешней среды, при эндогенном дрожжи используют (в основном при голодании) свои резервные вещества: гликоген, трегалозу, липиды, азотистые соединения.

Углеродистое питание. Дрожжи используют углерод из различных органических соединений: глюкозы, маннозы, галактозы, фруктозы. В отсутствие гексоз источником углерода могут служить также глицерин, манит, этиловый и другие спирты, органические кислоты.

Следует учитывать последовательность потребления источников углерода. При периодическом культивировании в первую очередь потребляются глюкоза и фруктоза.

При непрерывном культивировании дрожжей с увеличением скорости разбавления среды, в ней остаётся больше углеродного компонента, который усваивается последним.

Азотное питание. Дрожжи способны синтезировать все аминокислоты, входящие в состав их белка, непосредственно из неорганических азотистых соединений при использовании в качестве источника углерода органических соединений – промежуточных продуктов распада углеводов, которые образуются при дыхании и брожении.

Дрожжи усваивают лишь две формы азота: аммиачный и органических веществ.

Фосфорное питание. В анаэробных условиях дрожжи усваивают фосфор главным образом в начальный период брожения, когда потребление его составляет 80–90 % от максимального содержания в дрожжах.

Прочие факторы. Скорость роста дрожжей зависит от разности осмотического давления в клетке и в сусле. Чем больше скорость, тем быстрее размножаются дрожжи.

Микроорганизмы – спутники дрожжей. При сбраживании суслу дрожжами необходимо предохранять их от посторонних микроорганизмов – бактерий и “диких” дрожжей, вносимых с сырьём, водой и воздухом. Попадая в дрожжевые и бродильные аппараты, они могут накапливаться в значительных количествах и даже вытеснить производственную культуру дрожжей. Инфицирующие микроорганизмы снижают выход спирта, образуют органические кислоты и другие продукты, которые снижают бродильную

энергию дрожжей, в результате чего в зрелой бражке повышается количество несброженных сахаров и крахмала.

Молочнокислые бактерии – грамположительные, образуют молочную кислоту, летучие кислоты, спирт, CO₂, водород. Оптимальная температура для роста большинства молочнокислых бактерий 20–30 °С. Погибают при температуре 70–75 °С.

Уксуснокислые бактерии – грамотрицательные, палочковидные. Развиваются в тех же условиях, что и дрожжи. Бактерии способны окислять этиловый спирт в уксусную кислоту. Оптимальная температура 20–25 °С. Выдерживают 10–11 % концентрацию спирта.

Маслянокислые бактерии – строгие анаэробы. Развиваются главным образом в трубопроводах, насосах и других скрытых местах. Оптимальная температура 30–40 °С, при pH ниже 4,9 они не развиваются. Опасны для спиртового брожения, так как вырабатываемая ими масляная кислота даже в очень малых количествах (0,0005 %) подавляют развитие дрожжей.

Гнилостные бактерии вызывают распад белковых веществ. В аэробных условиях происходит полная минерализация белка, вплоть до CO₂, аммиака, сероводорода, воды и минеральных солей. В анаэробных условиях накапливаются различные органические дурно пахнущие и ядовитые вещества. Оптимальная температура 36–50 °С.

Дикие дрожжи. Эти дрожжи представляют значительную опасность для спиртового производства. Они потребляют много сахара и образуют мало спирта.

2.4.1.7.2. Способы культивирования дрожжей в производстве спирта из крахмалосодержащего сырья

Для засева суслу в бродильных аппаратах используют дрожжи естественно-чистой культуры, отличающейся от чистой культуры тем, что выращивается в условиях ограниченного попадания посторонних микроорганизмов, развитие которых подавляют.

Температура роста посторонних микроорганизмов почти не отличается от оптимальной температуры роста дрожжей и спиртового брожения, поэтому бактериостатические условия для них создают снижением активной кислотности суслу до pH 3,8–4,0 с помощью серной кислоты или молочной.

В спиртовом производстве готовую культуру дрожжей, получающуюся в результате сбраживания суслу на 1/3 от первоначального содержания растворимых веществ, называют *производственными дрожжами* (иногда зрелыми дрожжами).

Различают следующие способы культивирования дрожжей:

- периодическое культивирование;
- полунепрерывное;
- непрерывное.

Периодическое культивирование. Сущность способа заключается в том, что все операции по подготовке суслу и культивированию дрожжей осуществляют в одном аппарате – дрожжанке. Это герметически закрытый котёл, снабжённый двумя змеевиками (для пара и воды) и мешалкой. Вместимость дрожжанки обычно 6–8 % вместимости бродильного аппарата, а количество дрожжанок равно количеству бродильных аппаратов. В дрожжевом отделении устанавливают 1–2 ёмкости объёмом 10 % от объёма дрожжанки (маточники) для отъёма дрожжей, которые используются в качестве засевных дрожжей.

Перед началом культивирования дрожжанку моют, стерилизуют паром. Затем в дрожжанку набирают сусло 55–58 °С, добавляют в качестве азотистого питания солодовое молоко и выдерживают 1–2 часа для осахаривания крахмала солода. Затем температуру повышают до 75 °С, пастеризуют 30 минут, охлаждают до температуры 30 °С. В охлаждённое сусло добавляют раствор серной кислоты до кислотности 0,7–0,9 (зерновое) или 0,9–1,2 (картофельное), рН = 3,8–4,0. В подготовленное таким образом сусло засевают дрожжи, и охлаждают до температуры 22–24 °С. Размножение дрожжей длится 18–22 часа при температуре 26–29 °С.

Во время культивирования дрожжей концентрация суслу снижается с 17–18 % до 5–6 %. Кислотность суслу должна оставаться постоянной. Перед перекачиванием дрожжей в бродильную ёмкость, из дрожжанки отбирают отгем, который потом засевают в новом цикле.

Чистую культуру дрожжей разводят примерно один раз в год, а иногда и реже.

При периодическом культивировании дрожжей, засевная культура содержит 100–120 млн клеток в 1 мл суслу. После смешивания её с суслем количество дрожжевых клеток падает до 10–12 млн клеток и за 16–18 часов вновь достигает первоначальной величины. Такое резкое снижение дрожжевых клеток нередко сопровождается инфицированием посторонней микрофлорой. Это является основным недостатком этого способа.

Полунепрерывное культивирование. Сущность этого способа заключается в том, что все операции по приготовлению дрожжевого суслу проводят в отдельном аппарате – пастеризаторе. Приготовленное сусло сливают в одну из дрожжанок, добавляют маточные дрожжи, перемешивают и размножают при тех же условиях, что при периодическом способе. Концентрация дрожжевого суслу вначале составляет 14–15 %, а затем снижается до 4–4,5 %. Из каждой дрожжанки отбирают по 1/3 в бродильный аппарат, а дрожжи вновь доливают пастеризованным суслем. В результате увеличения количества засевных дрожжей продолжительность культивирования снижается до 6 часов. Способ не нашёл широкого применения, так не предусмотрена профилактическая стерилизация оборудования.

Непрерывное культивирование. Сущность непрерывного выращивания дрожжей состоит в том, что оно осуществляется проточно в одном или нескольких последовательно соединённых аппаратах – дрожжегенераторах. Приток суслу осуществляют в первый аппарат (головной), в который вносят маточные дрожжи. Засевная ими питательная среда перемещается по аппаратам и выводится из концевой аппарата в виде готовой культуры в батарею бродильных аппаратов. Скорость притока суслу регулируется таким образом, чтобы количество дрожжевых клеток поддерживалось 80–90 млн/мл.

2.4.1.8. Сбраживание крахмалосодержащего суслу

Основное количество суслу направляют в бродильные аппараты и содержащийся в нем сахар сбраживают дрожжами в спирт. При сбраживании зернокартофельного суслу одновременно происходит доосахаривание декстринов. Бродящее сусло называют *бражкой*, или *культуральной жидкостью*.

Как известно при брожении происходит распад углеводов с образованием спирта и углекислоты. Содержание спирта в зрелой бражке (и в спиртовом растворе) в объёмных процентах называют *крепостью бражки и этилового спирта*.

Показания сахарометра в фильтрате бражки называют *видимой плотностью*. В настоящее время на спиртовых заводах применяют непрерывно-проточный, циклический и периодический способы сбраживания суслу.

Непрерывно-проточный способ сбраживания. Сущность этого способа заключается в том, что процесс брожения расчленяется на три основные стадии – взбраживание, главное брожение и дображивание, каждая из которых проводится в одном или нескольких бродильных аппаратах, последовательно соединённых в батарею. Сусло в первом, головном, аппарате засевают дрожжами, концентрация их в течение всего процесса поддерживается и регулируется постоянной скоростью притока свежего суслу. Сброженное сусло (зрелая бражка) выводится из последнего аппарата.

Циклический способ сбраживания. Представляет собой разновидность полунепрерывных способов, в которых взбраживание и главное брожение протекает непрерывно, а дображивание – периодически.

Показатели брожения несколько хуже, чем при непрерывно-проточном способе.

Периодический способ сбраживания. Классический периодический способ предусматривает проведения процесса от начала до конца в одном аппарате. В охлаждённое до 30 °С сусло добавляют производственные дрожжи. Сусло с дрожжами оставляют на брожение в течении 72 часов. Начальная температура суслу зависит от продолжительности брожения. За нормальную продолжительность принята продолжительность брожения в 72 часа (от начала заполнения бродильного аппарата до его освобождения). Температура складки при трёхсуточном брожении 18–20 °С; при двухсуточ-

ном – 24–25 °С. Во время главного брожения поддерживается 29–30 °С; во время дображивания – 27–28 °С. Снижение температуры при дображивании исключает голодание дрожжей и предотвращает нарастание кислотности бражки. Брожение считают законченным, когда содержание несброженных сахаров (редуцирующих веществ – РВ) в бражке достигает 0,2–0,3 г/100мл, а видимое и истинное содержание сухих веществ не изменяется в течение последних 2–3 часов. Отсутствие окраски зрелой бражки в йодной пробе свидетельствует о полном осахаривании растворимого крахмала. По окончании брожения зрелую бражку из бродильного аппарата сливают в передаточный резервуар, откуда перекачивают в брагоректификационный цех. Бродильный аппарат после освобождения моют и стерилизуют.

Улавливание спирта из газов брожения. Проходя через слой бражки, пузырьки CO₂ насыщаются парами спирта, которого увлекается тем больше чем выше крепость бражки и её температура.

На заводах спирт улавливают абсорбцией воды в специальных ловушках. Водно-спиртовая жидкость крепостью 5 % об. выводится из ловушки снизу и смешивается со зрелой бражкой, идущей на ректификацию.

Углекислота поступает в углекислотный цех на производство жидкой или твёрдой углекислоты.

2.4.2. Производство спирта из сахаросодержащего сырья

2.4.2.1. Меласса и её химический состав

Мелассой называют последний маточный раствор (отгёк), получаемый при отделении кристаллов сахарозы на центрифугах.

В мелассе содержатся несахара сока сахарной свёклы или сахарного тростника, не удаляемые при его химической очистке, и сахароза, которую классическим методом кристаллизации выделять уже невыгодно. Различают свекловичную и тростниковую мелассу.

Меласса представляет собой густую, вязкую жидкость темнокоричневого цвета со специфическим запахом карамели и меланоидинов. Для спиртового производства меласса является лучшим сырьём. Ценность её заключается в том, что наряду с высоким содержанием сахара в ней находятся все вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности дрожжей. При переработке мелассы упрощается технологическая схема, так как отпадают операции по развариванию сырья и осахариванию крахмала. В меласном сусле отсутствуют декстрины и неосахаренный крахмал, поэтому сусло быстрее сбраживается, уменьшаются потери сбраживаемых углеводов и увеличивается выход спирта в пересчёте на условный крахмал.

Химический состав свекловичной мелассы. Свекловичная меласса имеет сложный и непостоянный химический состав, зависящий от почвенно-

климатических условий, вносимых удобрений, условий и продолжительности хранения свёклы и др.

В мелассе содержится в среднем 80 % сухих веществ и 20 % воды.

Сухие вещества мелассы состоят из следующих компонентов (в среднем в масс. %): сахарозы – 60,0, безазотистых органических веществ – 16,7, азотистых веществ – 14,8, минеральных веществ (золы) – 8,5.

Сахароза и сбраживаемые сахара. Содержание сахарозы колеблется от 48 до 62 % к её массе и сильно зависит от состава несахаров свёклы. Содержание инвертированного сахара изменяется в пределах 0,4–1,5 % к массе мелассы.

Из трисахаридов присутствуют раффиноза (0,5–2,0 %), кастора и неокестоза (0,5–1,6 %), плантеоза (0,01 %).

На спирт полностью сбраживаются: сахароза, инвертированный сахар и манноза. Раффиноза под действием β-фруктофуранозидазы (инвертазы) дрожжей расщепляется на фруктозу и дисахарид – мелибиозу, следовательно, раффиноза сбраживается на 34 %. Но те расы дрожжей, которые содержат ферменты β-галактозидазу, раффинозу сбраживают почти полностью.

Безазотистые органические вещества. К безазотистым органическим веществам в сахарном производстве относят все сахара мелассы, за исключением сахарозы, продукты химической и термической деструкции сахаров и органические кислоты.

Инвертированный сахар, особенно фруктоза, в щелочных растворах сахарного производства при нагревании быстро разлагается. При разложении моносахаридов образуются нелетучие окрашенные кислоты (глициновая, апоглюциновая, сахарумовая, меляссиновая и др); карамели (собирательное название сложной смеси продуктов), образующихся при термическом разложении сахаров; меланоидины (сложная смесь продуктов), получающихся при химическом взаимодействии редуцирующих сахаров с аминокислотами.

Органические кислоты – в мелассу переходят в основном кислоты, не осаждаемые известью – глутаровая, малоновая, адипиновая, янтарная, трикарбаллиловая и др. Практически все летучие и нелетучие кислоты находятся в мелассе в виде солей калия и кальция.

Азотистые вещества. Содержание азотистых веществ в мелассе составляет от 5 до 20 % от её массы. Они представлены аминным азотом (8,2), бетаинным азотом (73,9), белками (3,0), нитратами (2,0). Для нормальной жизнедеятельности дрожжей достаточно 0,25 % усваиваемого азота.

В мелассе содержатся следующие витамины (в мг на 100 г): биотин – 0,01; тиамин – 0,3; рибофлавин – 0,04; пиридоксин – 0,54; никотиновая кислота – 5,1; пантотеновая кислота – 8,0; фолиевая кислота – 0,02; инозит – 700.

Минеральные вещества. Среднее содержание минеральных веществ 8,5 %. Они представлены как: K_2O – 40 %, MgO – 1,5–4,5 %, CaO – 7,3–13,8 %.

Присутствуют также микроэлементы: алюминий, железо, кремний и стронций.

Посторонние примеси. К посторонним примесям относятся загрязнения нефтепродуктами из-за недостаточно помытых железнодорожных ёмкостей. Переходит некоторая часть пестицидов, химикатов, добавляемых при хранении свёклы. Количество посторонних примесей иногда может достигать 1–2 %. Нормальная меласса имеет слабощелочную или близкую к нейтральной реакцию ($pH = 8,9$ – $7,2$) и щёлочность 2–0,5. Щёлочность обусловлена карбонатами.

Состав тростниковой мелассы сильно отличается от свекольной. В ней меньше сахарозы при очень большом содержании инвертного сахара, мало азота, нет раффинозы, выше цветность, понижена буферность, реакция, как правило, слабокислая ($pH = 4,5$ – $6,0$).

2.4.2.2. Сбраживание мелассного суслу

На выход и качество этилового спирта влияет много факторов: интенсивность аэрирования сбраживаемого суслу, концентрация сахара, кислотность и pH суслу, температура брожения, раса применяемых дрожжей, качество перерабатываемой мелассы и др.

Интенсивность аэрирования суслу. С повышением интенсивности аэрирования суслу в дрожжегенераторах содержание спирта снижается, что связано с увеличением расхода сахара на синтез биомассы дрожжей и образование других продуктов брожения.

Концентрация сахара. При повышении концентрации сахара в исходном мелассном сусле от 9 до 14 %, в зрелой бражке увеличивалось содержание альдегидов, эфиров; угнетались ферменты, регулирующие процессы превращения альдегидов в другие продукты, и повышалась активность фермента эстеразы.

Кислотность сбраживаемого суслу. При изменении кислотности от 0,3 до 1,6 в зрелой бражке содержание спирта уменьшилось, содержание альдегидов и эфиров увеличилось.

Температура брожения. Альдегиды, главным образом, образуются в начальный период брожения, затем их содержание уменьшается, и в зрелой бражке альдегидов тем меньше чем выше температура. Увеличивается содержание высших спиртов и эфиров.

Раса дрожжей. В настоящее время мелассное сусло сбраживают различными расами дрожжей, чаще – одновременно двумя расами.

2.4.2.2.1. Способы культивирования дрожжей в производстве спирта из сахаросодержащего суслы

Дрожжи размножают из чистой культуры, получаемой в пробирках из музея чистой культуры. В зимнее время чистую культуру готовят на сусло-желатине в летнее – на сусло-агаре. Во втором случае завод получает вместе с чистой культурой запаиваемую ампулу со стерильным суслем.

Размножение чистой культуры дрожжей. Первая стадия размножения чистой культуры – лабораторная. На этой стадии доводят объем дрожжей до трёх литров, соблюдая микробиологическую чистоту. Затем дрожжи переливают в четыре трёхлитровые бутылки. Из одной дрожжи направляют в аппарат чистой культуры (АЧК–1) для дальнейшего размножения, а три остальные хранят при температуре + 2 до минус 4 °С. Когда в холодильной камере остаётся одна бутылка, из неё снова в стерильных условиях размножают четыре бутылки. Таким образом, размножают дрожжи в течение месяца.

ЧК из пробирки разводят один раз в месяц. Из бутылки дрожжи засевают в АЧК, которые заливают стерильным суслем с температурой 30 °С. Из АЧК дрожжи пересевают в дрожжегенератор. При наличии цехов хлебопечных дрожжей обмен производят 10–12 раз в месяц, без таких цехов 3–4 раза в месяц.

Типовая технологическая схема размножения чистой культуры дрожжей включает: один стерилизатор, две самостоятельные линии АЧК (каждая состоит из 3-х аппаратов, что позволяет вести две расы дрожжей). Все аппараты имеют азатор, теплообменник, воздушники с биофильтрами, люки для чистки, трубопроводы для подачи среды из одного аппарата в другой при помощи сжатого воздуха, указатели уровня, дистанционные термометры.

Дрожжи из АЧК передаются в дрожжегенератор в который подаётся сусло в 2–3 приёма. Дрожжи накапливаются 6–8 часов при непрерывном аэрировании. Далее половину дрожжей перепускают во второй дрожжегенератор, и накопление дрожжей ведут при непрерывном притоке суслу и аэрировании среды. Через 4–5 часов перепускают в третий дрожжегенератор. Заменяют дрожжи в дрожжегенераторах через 48–72 часа, выращивание дрожжей в отделении ЧК продолжается 80–90 часов.

Размножение производственных дрожжей. В анаэробных условиях на мелассном сусле дрожжи развиваются медленно, поэтому их выращивание ведут при слабом аэрировании. Дрожжегенерирование проводят непрерывно при тщательном перемешивании суслу. Свежее сусло поступает в дрожжегенератор, а бродящее сусло отводится из него с одинаковой скоростью при постоянном объёме. Температуру поддерживают постоянной 28 °С.

Схема размножения производственных дрожжей включает 4–6 дрожжегенераторов с пневмоциркуляционным азатором. Для сбраживания мелассного суслу, содержащего большое количество солей, применяют дрожжи расы Л, В, В_д и др. с ярко выраженными осмофильными свойствами.

2.4.2.2.2. Способы сбраживания

Существует три основных способа сбраживания мелассного сусла:

- однопоточный;
- двухпоточный;
- сбраживание двумя расами дрожжей.

Однопоточный способ. Этот способ рекомендуется для заводов, выпускающих спирт и хлебопекарные дрожжи.

При однопоточном сбраживании готовят сусло одной концентрации 22–24 %. В мелассу добавляют кислоты, питательные вещества, антисептик. Затем перемешивают циркуляционным насосом и подают в напорный сборник, откуда поступает в смеситель мелассы с водой. В нем её разбавляют холодной и горячей водой до концентрации примерно 40 %. Разбавленную мелассу освобождают от взвешенных примесей на осадочных центрифугах – кларификаторах. Затем осветлённая меласса поступает в смеситель для окончательного разбавления водой до 22–24 %. Шлам промывают водой для извлечения сахара, раствор декантируют асептируют и используют для приготовления мелассного сусла. Шлам выбрасывают. Мелассное сусло концентрацией 22–24 % с титруемой кислотностью 0,4–0,7 и температурой 22–24 °С непрерывным потоком поступает в дрожжегенераторы. В дрожжегенераторах дрожжи выращивают при температуре 28–30 °С и постоянной аэрации и притоке сусла. Производственные дрожжи с показателями: видимый отброд 16–17 %, содержание спирта 3–3,5 % об., количество дрожжевых клеток 100–120 млн/мл, кислотность 0,4–0,7 поступают в головной аппарат бродильной батареи, состоящей из 9–11 аппаратов. Бродящее сусло последовательно проходит все бродильные аппараты, и зрелая бражка через механические фильтры подаётся на сепарацию для отделения хлебопекарных дрожжей. Обездрожженную бражку подают в ректификационное отделение.

Двухпоточный способ. В основу двухпоточного способа положено то, что дрожжи выращиваются на мелассном сусле низкой концентрации (10–12 % и даже 7–8 %), а на сбраживание поступает мелассное сусло концентрацией 32–35 %.

Сбраживание двумя расами дрожжей. Дрожжи обладают разными характеристиками: одни обладают высокой мальтозной активностью, другие сбраживают раффинозу. Использование смеси основной расы с гибридами не дало положительных результатов. В настоящее время предложен двухстадийный способ сбраживания мелассного сусла двумя расами культурных дрожжей, выращенных отдельно в АЧК и дрожжегенераторах.

В первой стадии сусло сбраживают, как обычно, основной культурой дрожжей по одно или двухпоточному способу. Во второй стадии вводят вторую культуру дрожжей.

Лучшие результаты по сбраживанию сахара, в том числе раффинозы, и по мальтазной активности дрожжей получены с 80–85 % основной культуры

и 15–20 % дополнительной, подсеваемой по истечении половины времени брожения.

Сравнительная характеристика способов сбраживания. Скорость накопления спирта в дрожжегенераторах при двухпоточном сбраживании больше, чем при однопоточном. В бродильных аппаратах в обоих случаях почти одинакова. Качество ректифицированного спирта по обоим способам одинаково. Только проба на окисляемость, полученная двухпоточным способом несколько лучше.

Дрожжи при однопоточном сбраживании содержат на 60–65 % больше нуклеиновых кислот, что объясняет повышенную стойкость дрожжей при хранении. Выход спирта из 1 т условного крахмала на 1–1,5 дал выше при двухпоточном, чем при однопоточном способе.

Технологические показатели брожения. В зрелой бражке должно содержаться 9–9,5 % об. спирта. Если из зрелой бражки не выделяют хлебопекарные дрожжи, то в 1 л должно содержаться 18–22 г биомассы; если выделяют хлебопекарные дрожжи – 25–35 г. Содержание несброженных сахаров в зрелой бражке не должно превышать 0,2 %.

2.4.3. Выделение спирта из бражки

Бражка – сложная многокомпонентная система, состоящая из воды (82–90 % мас), сухих веществ (4–10 % мас), этилового спирта с сопутствующими летучими примесями (5–8 % мас). Бражка всегда содержит некоторое количество двуокси углерода; кислотность около 0,5; рН = 4,9–5,2. Состав бражки зависит от вида исходного сырья и принятых технологических режимов её приготовления.

Сухие вещества – взвешенные частицы (дрожжевые клетки), шелуха, дробина; растворимые в водно-спиртовой смеси несброженные сахара (декстрины для зернокартофельной бражки, белки, минеральные вещества и др.)

Летучие примеси – спирты, альдегиды, кислоты и эфиры. Состав и содержание летучих примесей зависят от вида и качества сырья, от принятых режимов его переработки.

Наибольшее количество примесей приходится на долю спиртов – метилового, пропилового, изобутилового, изоамилового. Основное количество альдегидов приходится на долю уксусного альдегида.

Спиртовой промышленностью вырабатывается в небольших количествах абсолютный спирт. Абсолютный спирт может содержать воды до 0,2 % об. Безводный 100 % спирт промышленностью не выпускается.

2.4.3.1. Получение спирта-сырца

Спирт из бражки выделяют с помощью ректификации на сырцовых ректификационных установках. При этом вместе с ним отгоняется и значительная часть сопутствующих летучих примесей. Получаемый продукт называется *спиртом-сырцом* (ГОСТ 131-67).

Спирт-сырец получают на одно- и двухколонных ректификационных установках. Одноколонная ректификационная установка состоит из полной ректификационной колонны, дефлегматора и холодильника. Бражка подаётся непрерывно, подогревается в дефлегматоре и поступает в среднюю часть колонны (бражная или отгонная). Бражка стекает сверху вниз по тарелкам. Извлечение спирта и летучих примесей осуществляется встречным паром, вводимым в нижнюю часть колонны. Бражка, освобождённая от спирта, именуемая бардой, непрерывно отводится из колонны.

В верхней части колонны (спиртовой или укрепляющей) обычно устанавливают 10 ситчатых или многоколпачковых тарелок, на которых флегма, стекая из дефлегматора, вступает в контакт с поднимающимся из бражной части колонны водноспиртовым паром. В результате, вследствие извлечения спирта из флегмы, происходит укрепление его в поднимающемся по колонне паре.

Спиртовой пар, крепостью 88 % об. из колонны поступает в дефлегматор, где значительная часть его конденсируется, образуя флегму, а спиртовые пары конденсируются в конденсаторе, образуя спирт-сырец.

Как известно, в процессе брожения образуется много летучих примесей. Эти примеси остаются в спирте-сырце (см. табл. 7).

Таблица 7 – Содержание примесей в спирте-сырце

Примеси	Содержание (в пересчёте на безводный спирт) в спирте-сырце	
	Из зерно-картофельного сырья	Из мелассы
Метиловый спирт, % об. Спирты сивушного масла (в пересчёте на смесь 25 % изобутилового и 75 % изоамилового), % об.	0,02–0,15 0,3–0,45 (амиловый и бутиловый, небольшое количество пропилового и др.)	Следы 0,2–0,35 (амиловый, бутиловый и пропиловый, небольшое количество др.)
Летучие кислоты, мг/л	30–120 (преимущественно уксусная)	50–120 (уксусная, а также пропионовая, масляная, изовалериановая)
Альдегиды (в пересчёте на уксусный), мг/л	20–100 (в основном уксусный)	300–1000 (уксусный, а также пропиловый, масляный, изовалериановый)
Сложные эфиры (в пересчёте на уксусно-этиловый), мг/л	200–700 (главным образом уксусно-этиловый, а также муравьино-этиловый, уксусно-метиловый и небольшое количество эфиров пропионовой и масляной кислот)	До 500 (уксусноэтиловый, а также пропионово-этиловый, масляно-этиловый, изовалерианоэтиловый)
Другие карбоновые соединения	Следы акролеина и кротонowego альдегида	Диацетил, диэтиловый эфир, акролеин, кротоновый альдегид
Азотсодержащие вещества (в пересчёте на аммиак), мг/л	До 3 (высшие амины жирного ряда)	До 12 (аммиак, низшие, средние и высшие амины жирного ряда)
Серосодержащие вещества	Следы веществ, содержащих серу, в спирте из остро дефектного сырья	Диоксид серы, следы сероводорода и меркаптанов. При длительном хранении в стальных ёмкостях обнаружены сульфокислоты и серная кислота
Терпены	Присутствуют в спирте из зерна	Не обнаружены

Метиловый и пропиловый спирт при небольшом содержании не влияют на органолептическую оценку, но обладают высокой токсичностью (вплоть до летального исхода).

Фурфурол в малых концентрациях придаёт аромат ржаного хлеба, но он, как и метанол, токсичен. Поэтому содержание этих примесей в спирте-ректификате недопустимы.

Альдегиды (муравьиный, уксусный, пропионовый, масляный) придают спирту резкий привкус и горечь. Особенно неприятный запах и жгучий вкус обуславливают непредельные соединения – акролеин и кротоновый альдегид.

Диацетил вызывает жгучий вкус и запах.

Органические кислоты – ухудшают органолептические свойства (придают резкий привкус, горечь, неприятный запах пота), только угольная кислота смягчает вкус.

Эфиры с большим числом атомов сообщают спирту несвойственный ему фруктовый вкус и цветочный аромат. Характерный жгучий вкус спирту придают терпены и терпенгидраты.

2.4.3.2. Получение ректифицированного спирта

Ректифицированный спирт получают путём очистки спирта-сырца от указанных примесей ректификацией на брагоректификационных установках. Различают три вида ректифицированного спирта (ГОСТ5962-67): экстра, высшей очистки, 1-го сорта.

Цель процесса очистки – освободить от сопутствующих летучих примесей и получить спирт стандартной крепости. Одновременно отбираемые примеси должны быть максимально сконцентрированы и освобождены от этилового спирта.

При очистке спирта от примесей приходится подвергать разделению многокомпонентные смеси, для чего применяют несколько работающих колонн, каждая из которых разделяет поступающую в неё смесь на дистиллят, состоящий из одного или нескольких компонентов.

Для разделения смеси из трёх компонентов требуется две колонны. Из четырёх – три. В общем случае для разделения смеси из n компонентов требуется $n-1$ колонна. Предварительно из бражки отгоняется спирт со всеми сопутствующими примесями и получают спирт-сырец, являющийся многокомпонентной смесью.

Для оценки летучих примесей по сравнению с летучестью этилового спирта введено понятие *коэффициент ректификации примесей*.

Коэффициент ректификации показывает, на сколько увеличивается или уменьшается в паре содержание примесей по отношению к этиловому спирту в сравнении с жидкостью.

$$K_1 = \frac{K_{\text{П}}}{K_{\text{С}}}$$

Примеси бывают: головные, хвостовые, промежуточные и концевые.

К *головным* относят те примеси, которые обладают большим коэффициентом испарения, чем этиловый спирт ($K_1 > 1$). К ним относятся: уксусный и масляный альдегид, акролеин, диэтиловый эфир.

Летучесть *хвостовых примесей* всегда меньше летучести этилового спирта ($K_1 < 1$). Типичные хвостовые примеси – уксусная кислота и фурфурол.

Промежуточные примеси обладают двойными свойствами: при высоких концентрациях спирта имеют характеристику хвостовых примесей ($K < 1$), при низких концентрациях спирта имеют характер головных примесей ($K > 1$). При определённой концентрации спирта летучесть примесей равна летучести спирта. Основными представителями промежуточных примесей являются изоамиловый, изобутиловый и пропиловый спирты.

Для *концевых примесей*, как и для промежуточных, характерна летучесть в локальных условиях, но в противоположность им концевые примеси обладают коэффициентом ректификации больше единицы при высоких крепостях спирта и меньше единицы при низких крепостях.

2.4.4. Технохимический контроль спиртового производства

Хорошо поставленный контроль производства является основным условием рационального ведения технологического процесса, обеспечивающего максимальное использование сырья и получение повышенного выхода высококачественной продукции.

Примерная схема технохимического контроля спиртового производства дана в табл. 8.

Таблица 8 – Технохимический контроль спиртового производства

Объект контроля	Анализируемые показатели	Метод анализа	Место отбора пробы и периодичность анализа
1	2	3	4
Контроль качества крахмалосодержащего сырья			
Зерно, поступающее на завод или передаваемое на производство	1. Внешние качества: <ul style="list-style-type: none"> ▪ цвет ▪ запах ▪ дефектность 2. Натура 3. Сорная и зерновая примесь 4. Кислотность 5. Влажность 6. Крахмалистость	Органолептически Органолептически, руководствуясь инструкцией Определение массы 1 л Разбор с последующим взвешиванием фракций Титрованием Влагомером, высушиванием до постоянной массы Поляриметрически с использованием соляной к-ты или хлористого кальция в нормальном зерне. Химически – зерно IV степени дефектности. Методом контрольной пробы	В зерне, поступающем на завод от каждого вагона, машины. Анализ в среднесуточной пробе по каждой культуре, поступившей в один склад. В зерне, поступающем в производство, отбор от каждого отвеса, анализ в среднесуточных пробах по каждому виду сырья, отдельно: на варку, на приготовление солода и на подработку
Зерно, предназначенное для приготовления солода	1. Дополнительно к общему анализу определение энергии и способности прорастания	Проращиванием за определённый срок	От каждой партии, поступившей на склад и от партии зерна, идущего на приготовление солода
Картофель, поступающий на завод и в производство	1. Сорность 2. Крахмалистость	На картофельных весах Здоровый и мороженый – на картофельных весах по относительной плотности, дефектный, гнилой – поляриметрически	При поступлении на завод – от каждого вагона, машины. При подаче в производство – от каждой машины. Анализ в среднесуточной пробе

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
Картофель при хранении	1. Температура	Термометром	В каждом бурте 1 раз в 5 дней
Контроль качества сахаросодержащего сырья			
Меласса	1. Видимые сухие вещества 2. Истинные сухие вещества 3. Реакция 4. Сернистый ангидрид 5. Летучие кислоты 6. Доброкачественность 7. Содержание азота: <ul style="list-style-type: none"> ▪ общего ▪ растворимого и нерастворимого ▪ аминного 8. Сахаристость: <ul style="list-style-type: none"> ▪ прямая поляризация ▪ инверсионная поляризация 9. Инвертный сахар 10. Возможный выход спирта из мелассы 11. Содержание сбраживаемых сахаров по бродильной пробе 12. Фосфор 13. Зола	Рефрактометром Высушиванием Титрованием Окислением йодом в серный ангидрид Отгонкой с водяным паром и титрованием кислот в дистилляте Расчётом Методом Кьельдаля Осаждением белков с последующим определением азота по Кьельдалю в осадке и в растворе Объёмным методом с медным реактивом. Поляриметрически Химически Лабораторным сбраживанием Лабораторным сбраживанием, расчёт сахара по продуктам брожения Объёмным в остатке после сжигания по Кьельдалю. Сжиг. и опред. остат. мас. методом	От каждой железнодорожной цистерны, бочки, отвеса Анализ при поступлении на завод в каждой ж/д цистерне, партии, при поступлении на производство – в среднесуточной пробе

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
Свёкла	1. Засорённость 2. Сахаристость 3. Содержание гнили	Отмыванием и взвешиванием Поляриметрически Отмыванием от здоровой массы и взвешиванием	При поступлении на завод от каждого вагона, партии; при подаче в производство – от каждого отвеса. В пробе от каждого вагона, партии. При подаче на завод – в среднесуточной пробе по мере надобности
Приготовление солода			
Зерно для приготовления солода	1. Все качественные показатели см. пункт “Контроль качества крахмало-содержащего сырья” (зерно)	Методы, предусмотренные для анализа производственного зерна см. пункт “Контроль качества крахмало-содержащего сырья” (зерно)	От каждой партии, поступающей на склад и идущей на приготовление солода
Зерно после замочки	1. Влажность	Методом высушивания экспрессным, техническим методом	Из замочного чана, по мере необходимости
Зелёный солод	1. Внешние признаки 2. Содержание проросших и заплесневелых зёрен 3. Влажность	Органолептически Методом отбора фракций Высушиванием с предварительным подсушиванием и высушиванием инфракрасным излучением	От каждой грядки То же То же
	4. Сбраживаемые углеводы 5. Активность ферментов: ▪ амилолитическая (АС) ▪ декстринолитическая (ДС) ▪ осаживающая (ОС)	Химическим Колориметрическим йодометрическим Химическим Колориметрическим антроновым	То же АС и ОС, систематически при необходимости в каждой грядке

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
Приготовление культур плесневелых грибов			
Отруби	1. Ситовой анализ 2. Влажность 3. Крахмалистость	Рассевом на ситах Высушиванием до постоянной массы. Высушиванием инфракрасным излучением 3. Колориметрическим антроновым	От каждой партии поступающей на завод
Поверхностная культура	1. Степень измельчения 2. Влажность 3. Содержание сбраживаемых углеводов 4. Активность ферментов: ▪ амилолитическая ▪ осаживающая ▪ протеолитическая	Промывкой культуры на сите Высушиванием до постоянной массы Высушиванием инфракрасным излучением Колориметрическим антроновым Колориметрическим йодометрическим Колориметрическим антроновым Интерферометрическим	От каждой партии поступающей на завод
Барда	1. Содержание сухих веществ в фильтрате 2. Кислотность 3. Содержание сбраживаемых углеводов	Ареометрически Титрованием Колориметрически антроновым	В каждой партии барды, поступающей в цех культивирования
Мука	1. Влажность 2. Крахмалистость	Высушиванием до постоянной массы Высушиванием инфракрасным излучением Поляриметрически	В каждой партии

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
Глубинная культура	1. Содержание сухих веществ в фильтрате 2. Титруемая кислотность 3. Активная кислотность (рН) 4. Содержание сбраживаемых углеводов 5. Активность ферментов: ▪ амилолитическая ▪ осахаривающая протеолитическая	Ареометрически Титрованием щёлочью Потенциометрически Колориметрически антроновым Колориметрически йодометрическим Колориметрически антроновым Интрферометрическим	В каждой партии
Разваренная масса			
Помол зерна	1. Качество помола	Ситовой анализ промыванием на сите	Из под дробилки 1–2 раза в смену
Дроблёный картофель	1. Качество помола		При поступлении в осахариватель или из пробоотборника 2 раза в смену
Разваренная масса	Качество разваривания		
Осахаривание крахмала			
Солодовое молоко	1. Содер. сух. ве-в 2. Содержание свободного формалина 3. Качество дробления солода 4. рН	Сахарометром Качественная реакция с фуксинсернистой кислотой Промыванием на сите Потенциометрически Визуально Сахарометром или рефрактом. в ф/сус Титрованием Колориметрическим антроновым	По мере надобности Систематически
Сусло	1. Внешняя оценка 2. Содержание сухих веществ 3. Кислотность 4. Содержание сбраживаемых углеводов 5. Видимая доброкачественность 6. рН	Расчётом по уравнению Потенциометрич.	Через специальный пробник на суслопроводе или осахаривателе не реже 6 раз в смену

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
Зрелая бражка и дрожжи			
При переработке крахмалистого сырья			
Дрожжевой затор	1. Содержание сухих веществ. 2. Кислотность. 3. рН	Сахарометром Титрованием. Потенциометрически	В каждой дрожжанке
Дрожжи в период роста	1. Кислотность 2. Содержание сухих веществ	Титрованием Сахарометром	Систематически не реже 1 раза в смену
Зрелые дрожжи	1. Содержание сухих веществ. 2. Кислотность. 3. рН	Сахарометром Титрованием Потенциометрически	То же
Возбравиватель	1. Отброд. 2. Кислотность. 3. рН	Сахарометром Титрованием Потенциометрически	Из возбравивателя до и после подкисления
Зрелая бражка	1. Кислотность 2. рН 3. Отброд 4. Содержание спирта	Титрованием Потенциометрически Сахарометром Экспресс-методом с применением интерферометра	В каждом переданном на отгонку чане при периодическом брожении Через пробный кран каждые 4 часа при непрерывном брожении
Промывная вода из спиртоловушки	5. Содержание несброженных углеводов 1. Содержание спирта	Колориметрически антроновым Интерферометрическим	1 раз в сутки
При переработке мелассы			
Разбавленная меласса (перед анти-септированием)	1. Концентрация 2. Кислотность 3. рН	По относительной плотности с применением сахарометра. Титрованием Потенциометрически	
Разбавленная меласса (для приготвления дрожжей)	То же	То же	

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
Дрожжевое сусло Дрожжевая бражка на выходе из дрожжевых чанов Зрелые дрожжи Зрелая бражка	То же То же То же 1. Кислотность 2. Содержание растворимых сбраживаемых углеводов. 3. Содержание спирта. 4. Отброд	То же То же То же Титрованием Химически Экспресс-методом с применением интерферометра По видимой плотности	
Промывная вода из спиртоловушки	Содержание спирта	Экспресс-методом с применением интерферометра	
Контроль готовой продукции и отходов			
Спирт-сырец	1. Крепость 2. Альдегиды 3. Сивушные масла 4. Сложные эфиры 5. Метиловый спирт	Спиртомером Колориметрическим с фуксинсернистой кислотой Колориметрическим с салициловым альдегидом 4. Омылением Колориметрическим методом с фуксинсернистой и хромотроповой кислотой	Из спиртоприемника, в средней пробе из ж/д цистерны
Спирт-ректификат всех сортов	1. Цвет. и прозрач. 2. Запах и вкус 3. Крепость 4. Проба на чистоту 5. Проба на окисляемость 6. Альдегиды 7. Сивушные масла 8. Кислоты 9. Сложные эфиры 10. Метиловый спирт	Визуально Органолептически Метал. или стекл. спиртомером Реакц. с серн. к-той Реакция с перманганатом Колориметрич. Колориметрич. Нейтрализацией Омылением Колориметрическим с фуксинсернистой и с хромотроповой кислотой	Из спиртоприемника, в средней пробе из ж/д. цистерны

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
Барда	1. Содержание спирта 2. Кислотность 3. Сухие вещества	Химическим оксидиметрическим методом Титрованием По относительной плотности	Из специального крана на бардопроводе или из бардосборника в среднесуточной пробе или 3–4 раза в смену
Конденсат барды	1. Содержание спирта	Интерферометрически, химическим оксидиметрическим	Из специального пробника на бардопроводе или из бардорегулятора в среднесуточной пробе или 3–4 раза в смену

2.5. Технология производства вина

Вино – напиток, получаемый спиртовым брожением виноградного или плодово-ягодного сока.

Вино является ценным столовым напитком, содержащим целый ряд витаминов и микроэлементов. Оно обладает лечебными и диетическими свойствами, оказывает антисептическое и бактерицидное действие.

Исходя из типа используемого сырья, вина бывают: виноградные, плодово-ягодные, медовые.

2.5.1. Классификация виноградных вин

Виноградные вина различаются по составу и способу приготовления.

В табл. 9 представлены основные показатели состава виноградных вин.

Таблица 9 – Классификация виноградных вин

Группа и категория вин	Содержание основных компонентов	
	Спирт, объемная доля, %	Сахар, г/100мл
1. Тихие вина		
<u>Столовые вина:</u>		
Сухие	9–14	До 0,3
Полусухие	9–12	0,5–3,0
Полусладкие	9–12	3,0–8,0
<u>Креплёные вина:</u>		
Крепкие	17–20	1,0–13,0
Десертные	14–16	5,0–12,0
Полусладкие	15–17	14–20,0
Сладкие	12–17	21–35,0
Ликёрные	16–18	6,0–16,0
Ароматизированные	14–18	8,0–16,0
2. Вина, насыщенные CO₂		0,3–10,5
Советское шампанское	10,5–12,5	3,0–11,0
Игристые	10,5–13,5	3,0–8,0
Шипучие	9,0–12,0	

Тихие вина не содержат диоксида углерода.

Столовые вина, полученные брожением чистого виноградного сока без введения при брожении каких-либо посторонних веществ. По цвету, столовые вина бывают: белые, красные, розовые; по содержанию спирта бывают: лёгкие (9–10 % об.), средние (11–12 % об.), тяжёлые (13–14 % об.).

При изготовлении *крепленых вин* (крепких и десертных) допускается добавление в сброживаемое сусло чистого концентрированного виноградного сусла для увеличения сахаристости и спиртуозности с целью прекратить брожение и увеличить крепость. Ароматизированные вина характеризуются содержанием ароматических веществ невинного происхождения: полыни, душицы, вероники и др.

Вина, насыщенные CO₂.

Игристые вина характеризуются значительным содержанием диоксида углерода, находящегося в закупоренной бутылке под давлением 0,3–0,4 мПа. Игристые вина получают путём вторичного брожения сухих или крепленых виноматериалов в герметически закрытых резервуарах.

Шампанские вина получают из столовых вин при их вторичном брожении после добавления к ним сахара или виноградного сусла.

Шипучие вина получают путём искусственного насыщения их диоксидом углерода.

Все виноградные вина в зависимости от качества делятся на марочные и ординарные.

Марочными винами называются лучшие, высококачественные вина, выдержанные в течение установленного срока, характерные для данного винодельческого района. Срок выдержки марочных вин не менее 1,5 лет, а крепких и десертных не менее 2 лет. Марочные крепкие вина, выдержанные не менее 6 лет (в том числе не менее 2 лет в бутылках), называют *коллекционными*.

Все остальные, немарочные вина, реализуемые в возрасте не старше одного года, называют *молодыми*, старше года – *выдержанными ординарными* винами.

2.5.2. Основные стадии производства виноградного вина

Производство виноградных вин подразделяется на три основных стадии: получение виноградного сусла, брожение виноградного сусла, обработка и выдержка вина.

Обобщённая функциональная схема получения виноградного вина изображена на рис. 17.

Виноградное сусло получают прессованием целых гроздей или раздробленных виноградных ягод после отделения от них гроздей. При дроблении получают виноградный сок и мезгу. Виноградная мезга после отделения от неё сусла поступает на прессование. Сусло, стекающее до прессования, называется *самотёком*. Сусло, отделяемое при прессовании, называется *прессовым*.

Брожение является основной стадией в производстве вин. Сбраживают сусло дрожжами, используя для этой цели селекционированные расы. В результате брожения получается молодое вино, которое снимают (отделяют) с дрожжей. Молодое вино обрабатывают и передают на хранение. Хранение вин в условиях, способствующих улучшению их качества, называют *выдержкой*.

Под обработкой вина понимают ряд технологических операций, которые производят в период хранения вина. К таким операциям относятся: доливка, переливка, оклейка, эгализация, купажирование.

При хранении вина в бочках, бутах, резервуарах его объем уменьшается. В случае образования воздушного пространства создаются благоприятные условия для развития на поверхности вина микодермы и образования плёнки уксуснокислых бактерий. Поэтому бочки постоянно доливают вином.

Доливка – это операция, имеющая целью постоянно поддерживать резервуары с вином полными. Доливка служит предупредительной мерой про-

тив закисания вина и изменённых потерь на испарение. Во время выдержки вино самоосветляется – и взвешенные частицы оседают на дно. Для освобождения от осадка вино переливают.

Переливка – отделение прозрачного вина от осадка. Все вина, поступающие в продажу, должны быть прозрачными. Прозрачность достигается фильтрованием и оклейкой.

Оклейка – сложный метод осветления вина и заключается в том, что в вино вводят оклеивающие вещества, которые оседают в виде хлопьев и увлекают за собой все взвешенные частицы. В качестве оклеивающих веществ используют: желатин, рыбий клей, яичный белок, казеин, бентонит. Через 2–4 недели после оклейки, вкус вина становится мягче за счёт уменьшения дубильных веществ.

Химический состав виноградных вин:

1. Содержание:

- спирта не более 20 %;
- летучие кислоты в пересчёте на уксусную – 1,75 г/л;
- метанол не более 0,05 %;
- SO₂ не более 200 мг/л;
- сахара (глюкоза, фруктоза) в десертных винах – 20 % и более;
- пектиновая и другие органические кислоты – 0,5–1 % (особенно много винной кислоты; в некоторых винах, особенно красных, много молочной кислоты, которая придаёт мягкость);
- минеральные вещества – до 4 г/л (особенно много минеральных веществ в мускатных и красных столовых винах, брожение которых происходит на мезге; в винах обнаружено 24 микроэлемента, среди которых: цинк, свинец, марганец, фтор, йод, кобальт и др.).

2. Большое значение для химических процессов, протекающих в вине, имеют аминокислоты.

3. В вине много витаминов, источником которых являются соли винограда и дрожжи. Содержание некоторых витаминов достигает до 300 мкг/мг.

4. Также имеются дубильные и красящие вещества, фенольные соединения и антоцианы.

5. Букет вина образуют пахнущие вещества, эфиры, альдегиды, кислоты, ацетали, эфирные масла.

На рис. 17 показана обобщённая функциональная схема получения виноградного вина.

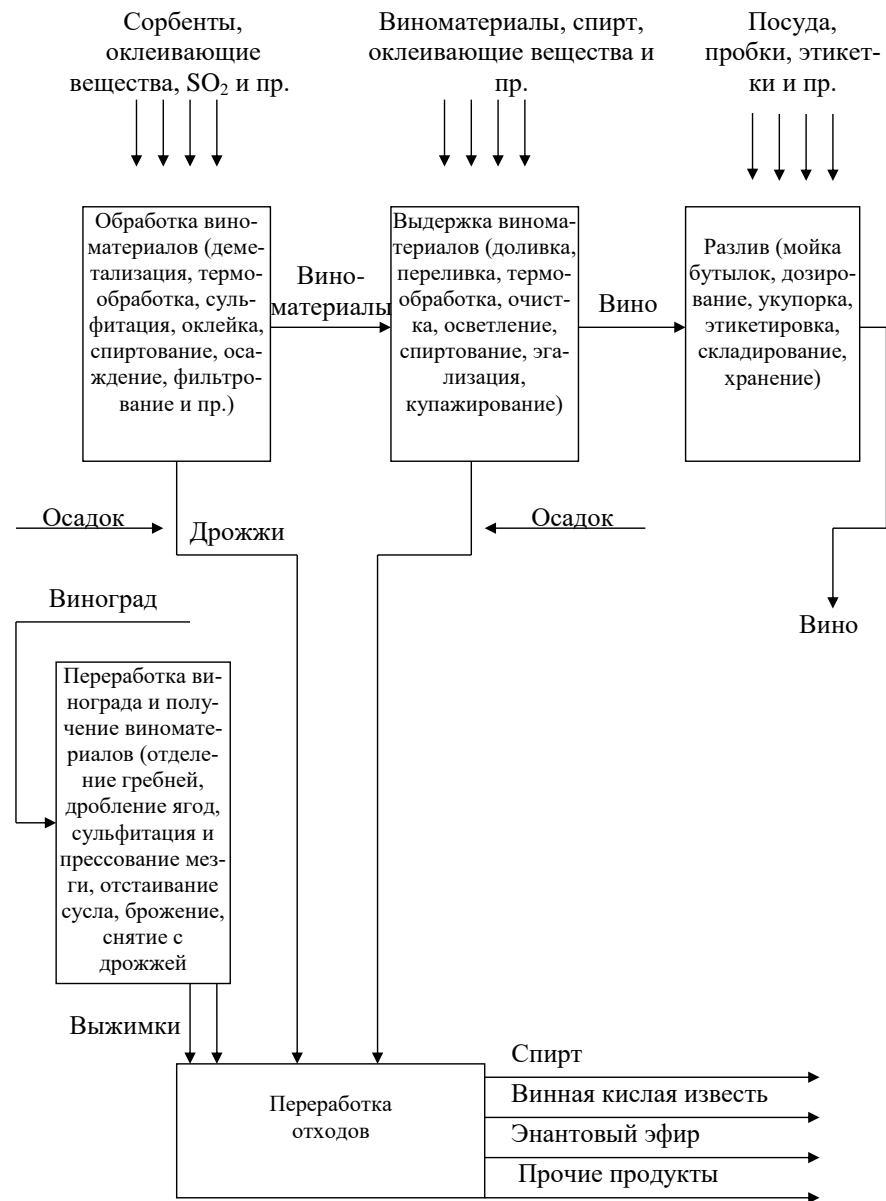


Рисунок 17 – Обобщённая функциональная схема получения виноградного вина

2.5.2.1. Производство белых столовых вин

Основными этапами производства белых столовых вин является:

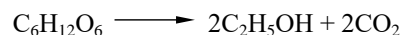
- переработка винограда и получение виноматериалов;
- обработка виноматериалов;
- выдержка и разлив вина.

Принципиальная технологическая схема производства белых столовых вин показана на рис. 18.

Характерным для производства белых столовых вин является брожение сусла без мезги. Для изготовления белых столовых вин применяются преимущественно белые сорта винограда.

После сбора сусла самотёка мезга поступает в пресс для отделения прессовых фракций сусла. Производят несколько последовательных прессований. При каждом прессовании получают сусло различного состава. Сусло, стекающее после первого отжима, называется *суслom первого прессования*, после второго отжима – *суслom второго прессования* и т. д. Для получения более нежного вина используют только сусло-самотёк. Прессовое сусло собирают и сбраживают отдельно и применяют как купажный виноматериал для креплёных вин.

Брожение виноградного сусла. Брожение осуществляется периодическим способом в бочках или эмалированных резервуарах. В последнее время применяют и непрерывное брожение в потоке. Для проведения брожения в сусло вводят чистую культуру (ЧК) специальных рас винных дрожжей, определённых для каждого типа вина. В процессе брожения под действием комплекса вырабатываемых дрожжами ферментов, виноградный сахар разлагается на этиловый спирт и диоксид углерода.



Брожение протекает с образованием многих вторичных продуктов, влияющих на вкус и аромат вина. Наиболее важную роль среди них играют глицерин, янтарная, уксусная и пировиноградная кислота, изоамилол, ацетальдегид, эфиры. Количество и состав образующихся в процессе брожения вторичных продуктов зависят от состава сусла, расы дрожжей и режима брожения. Конечным продуктом первого этапа виноделия являются молодые виноматериалы. Этот этап сезонный и осуществляется на заводах первичного виноделия.

Существуют следующие виды брожения:

- брожение в бочках;
- брожение в больших бродильных резервуарах;
- непрерывное брожение виноградного сусла.

Брожение в бочках. Брожение в бочках проводят следующим образом. Перед подачей сусла в бочку наливают разводку дрожжей в количестве 2 %

по объёму сусла. Бочку заполняют на 90 % вместимости. Брожение протекает при температуре 14–20 °С.

Различают три стадии брожения в бочках: разбраживание, бурное брожение и дображивание.

Разбраживание характеризуется почкованием дрожжей и началом брожения, которое постепенно усиливается. Через 1–2 дня выделившийся диоксид углерода занимает оставшееся пустым пространство в бочке.

Бурное брожение характеризуется интенсивным выделением диоксида углерода. Отвод диоксида углерода из бочки осуществляют через гидравлический бродильный шпунт. Бурное брожение должно протекать с умеренной скоростью в течение 8–14 дней.

Дображивание характеризуется ослабеванием брожения. Выделение диоксида углерода уменьшается, дрожжи оседают, начинается осветление молодого вина. Дображивание продолжается 2–3 недели.

По окончании бурного брожения проводят первую доливку бочки для уменьшения свободного пространства над вином. Этим предупреждают влияние воздуха, которое способствует развитию плёнки микодермы, дрожжеподобного микроорганизма, окисляющего спирт, образованию летучих кислот уксуснокислыми бактериями.

В конце дображивания производят вторую доливку. К окончанию брожения бочка должна быть полной. По окончании брожения получают продукт, называемый молодым вином.

Брожение в больших бродильных резервуарах. Процессы, происходящие при брожении в больших резервуарах такие же, как и при брожении в бочках. Отличие в том, что сусло после введения дрожжей тщательно перемешивают при помощи мешалки или насоса. Температуру брожения 15–20 °С поддерживают при помощи змеевиков или рубашки охлаждения. Дображивание длится 4–6 недель.

Непрерывное брожение виноградного сусла. В виноделии непрерывное брожение применяют при изготовлении виноматериалов белых и красных вин, вин типа “Херес” и в производстве шампанских вин.

Установка для непрерывного брожения представляет собой батарею из шести основных металлических бродильных резервуаров, соединённых между собой. Сбраживаемое сусло перетекает из резервуара в резервуар последовательно под давлением образующегося диоксида углерода. Перемещение сусла осуществляют циклично в два периода. В первый период из каждого резервуара происходит отбор сбраживаемого сусла в переточные баки, а из последнего происходит слив готового виноматериала. Во второй период в первый резервуар заливают порцию свежего сусла, а в каждый из последующих сбраживаемое сусло из переточных баков. Время цикла и объём порции определяются кинетикой брожения сусла и контролируются уровнем сусла в первом резервуаре.

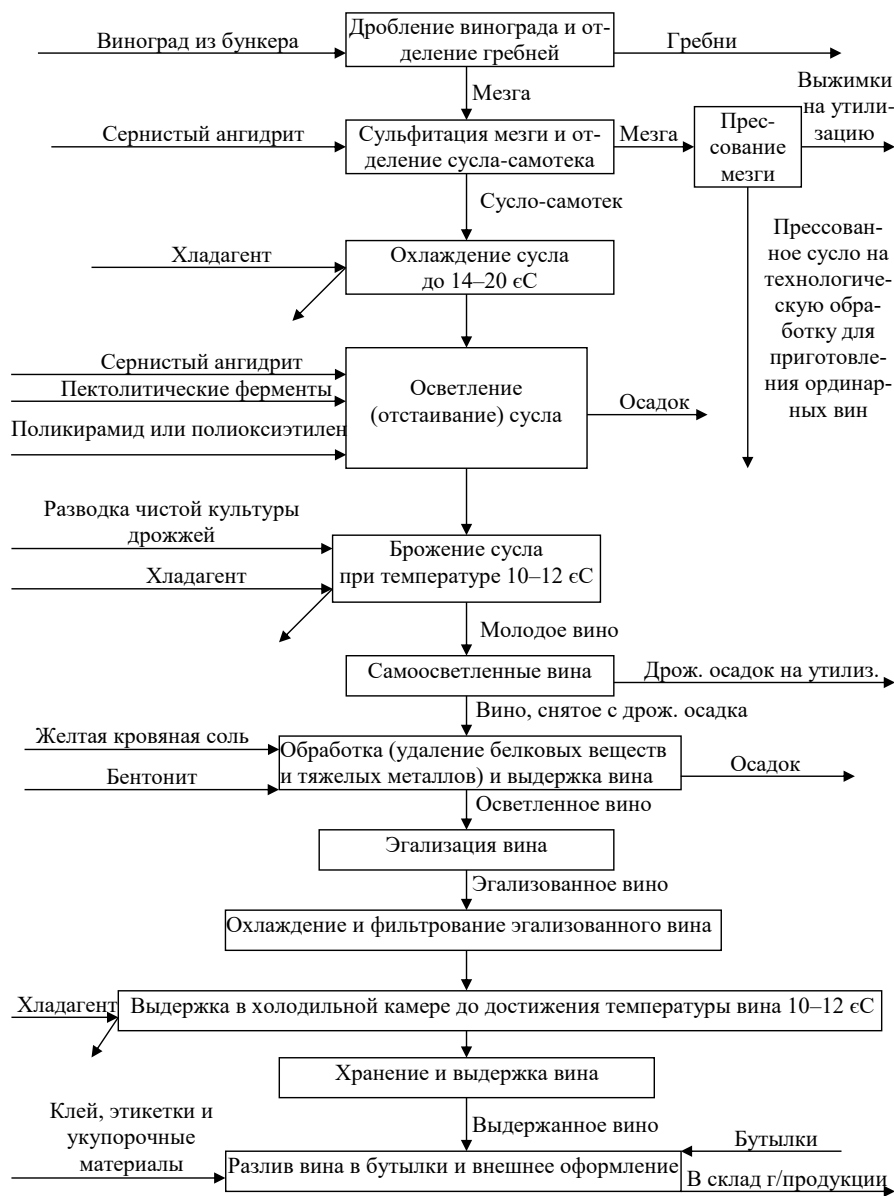


Рисунок 18 – Принципиальная технологическая схема производства белых столовых вин

2.5.2.2. Особенности производства красных столовых вин

Красные столовые вина готовят из красных сортов винограда, сахаристостью не менее 17–18 % мас., кислотностью 6–9 г/л. В отличие от белых столовых вин при производстве красных вин необходимо обеспечить хороший контакт сушла с мезгой, чтобы извлечь из мезги фенольные соединения (красящие и дубильные вещества) и ароматические соединения. Они участвуют в создании цвета, вкуса и типа вина.

В процессе производства красных столовых вин, путём брожения на мезге, извлекают до 50 % всех фенольных соединений винограда и до 50 % антоцианов. Антоцианы придают вину малиновый цвет разных оттенков в зависимости от их дозы. Сочетание антоцианов и танина придают вину рубиновые оттенки. На окрашивание вина влияет величина pH (чем меньше pH, тем интенсивнее окраска). Оптимальная величина pH = 1,2. Для достижения требуемого значения pH к малоокислым винам добавляют винную кислоту. Для увеличения интенсивности окраски возможно применение горячего разлива при температуре 55–60 °C.

2.5.2.3. Особенности производства крепких и десертных вин

Крепкие и десертные вина характеризуются специфическим ароматом и вкусом, который обусловлен сортом винограда или технологией вина.

Основными особенностями приготовления виноматериалов для крепких и десертных вин являются следующие:

- контакт сушла и виноматериалов с мезгой от небольшого настаивания до брожения на мезге;
- спиртование вина для остановки брожения. В сушло, мезгу или виноматериалы вводится пищевой спирт-ректификат или виноградный спирт с крепостью не ниже 95,8 % об., содержанием метилового спирта не более 0,1 % об., в тот момент, когда в сбраживаемом сусле останется столько сахара сколько необходимо по классификации вина.

Если в бродящей жидкости довести содержание спирта до 16,5 % об. или содержание сахара до 80 %, то такая жидкость бродить не будет. Следовательно, спирт в такой концентрации действует как консервирующее средство.

При изготовлении десертных вин высших марок, спиртование производят не спиртом, а мистелем – смесью спирта с несбродившим сушлом. Мистели с высоким содержанием спирта (25–30 %) могут служить для повышения и сахаристости и спиртуозности при купажировании вин.

Крепкие и десертные вина получают путём неполного сбраживания виноградного сушла с мезгой или без мезги с добавлением спирта-ректификата и купажирования виноматериалов.

Виноград применяют с содержанием сахара 24–26 % мас. и высокой экстрактивностью, а для красных вин необходимо ещё высокое содержание

фенольных соединений. Мускаты изготавливают только из сортового винограда.

Характеристика крепких и десертных вин дана в табл. 10.

Принципиальная схема производства крепких и десертных вин показана на рис. 19.

Таблица 10 – Характеристика крепких и десертных вин

Тип вина	Содержание			Цвет вина
	Спирта, % об.	Сахара, % мас.	Кислотность в пересчёте на винную к-ту г/л	
Крепкое Белое Розовое Красное	17–20	3–10	5	От золотистого до янтарного От розового до светло-красного От светло-красного до темно-красного
Портвейн Белый Розовый Красный	17–20	7–14	5	То же
Мадера	18–20	3–7	5	От золотистого до темно-янтарного
Десертное полусладкое Белое Розовое Красное	14–16	5–12	6	От светло-золотистого до темно-золт От розового до светло-красного От светло-красного до темно-красного
Десертное сладкое Белое Розовое Красное	5–17	14–20	6	То же
Кагор	16	16–20	6	От темно-рубинового до тёмно-грант
Мускат Белый Розовый Чёрный	16	16–20	6	От светло-золотистого до янтарного От светло-розового до светло-красн. От красного до тёмно-красного

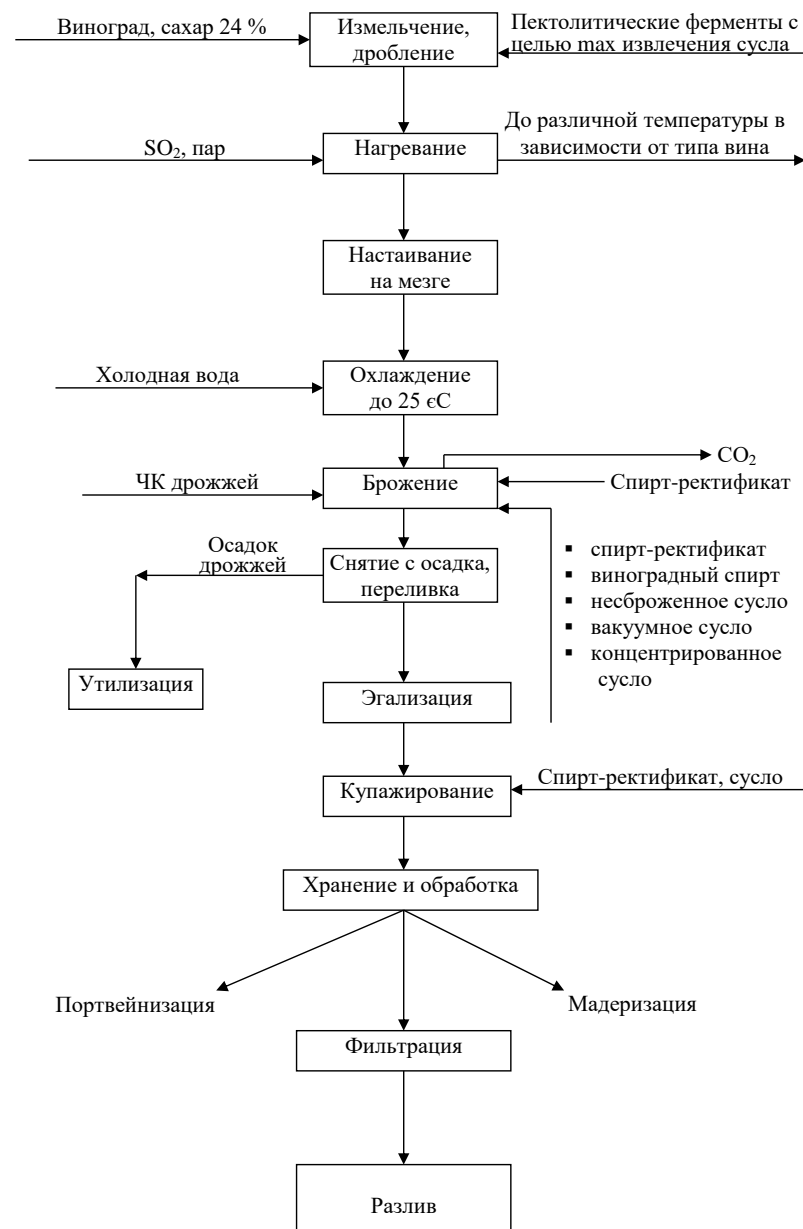


Рисунок 19 – Принципиальная схема производства крепких и десертных вин

2.5.2.3.1. Особенности приготовления “Портвейна”

Название этого вина происходит от города Порто в северной Португалии. Главным требованием является получение высокоэкстрактивных вино-материалов.

Тепловая обработка (портвейнизация) ординарных и марочных портвейнов несколько отличается.

Для *ординарных портвейнов*:

- производится выдержка при 45 °С в течение 30 суток;
- затем производится выдержка при 50 °С в течение 20 суток;
- затем выдержка при 60–65 °С в течение 6–8 суток.

Для *марочных вин* портвейнизация производится:

- на солнечных площадках и в солнечных камерах 2 сезона;
- в термокамерах 75–100 суток при температурах 45–50–60 °С;
- с последующей выдержкой в герметичных ёмкостях при температуре 20–25 °С в течение 12–18 месяцев.

Особенности приготовления “Красного портвейна”.

1. Нагревание мезги до температуры 55–65 °С (чтобы больше извлечь красящих и дубильных веществ).

2. Сбраживание на мезге.

3. Выдержка высококачественных портвейнов без доступа кислорода в течение 75–100 суток при температуре 45–50 °С и содержанием SO₂ 50–60 мг/л.

4. После термической обработки выдержка в герметизированных ёмкостях 1–1,5 года при температуре 20–25 °С.

В табл. 11 дана общая характеристика “Портвейна”.

Таблица 11 – Общая характеристика “Портвейна”

Состав	Красный “Портвейн”	Белый “Портвейн”
Приведённый экстракт (г/л)	20–30	40–60
Содержание азотистых вещества (г/л)	0,3–0,6	0,3–0,6
Содержание фенольных веществ (г/л)	0,6	1,0
Содержание антоцианов (г/л): в молодых винах	0,6–0,4	-
в выдержанных винах	0,2	-
Содержание SO ₂ (мг/л)	150	-
Содержание альдегидов (мг/л)	40–80	-

2.5.2.3.2. Особенности приготовления “Мадеры”

При приготовлении “Мадеры” основное внимание уделяют извлечению дубильных веществ из винограда. С этой целью производят длительное настаивание суслу на мезге в течение 30–48 часов; сбраживание суслу с мезгой до содержания сахара 6–8 % мас., после чего добавляется спирт-ректификат до крепости 16–18 % об.; термическая обработка вино-материалов (мадеризация), которая заключается в нагревании вина в дубовых бочках или других ёмкостях, заполненных дубовой клёпкой.

Мадеризация производится:

- в течение 3–4 лет при температуре 27–29 °С;
- в течение 2–2,5 лет при температуре 35 °С;
- в течение 5–6 месяцев при температуре 40–45 °С;
- в течение 1 месяца при температуре 65–70 °С.

Факторы, влияющие на процесс мадеризации.

1. Высокий окислительно-восстановительный потенциал, для чего в вино вводят кислород.

2. Повышенная температура.

3. Дубильные вещества.

4. Состав вина (содержание азотистых веществ, органических кислот, сахаров).

При мадеризации содержание кислорода в вине должно быть 2–3 мг/л; содержание азотистых веществ (общего азота) 0,6–0,7 мг/л – для достижения данного количества азотистых веществ добавляют дрожжевые осадки в количестве 4 % от объёма. При недостатке дубильных веществ добавляют гребни.

В результате мадеризации светлый цвет вина сменяется на янтарный, что обусловлено превращением катехинов вина и экстрактивных веществ дуба, а также образованием меланоидинов. Сочетание различного количества альдегидов и эфиров создаёт разные вкусовые оттенки мадеры.

2.5.2.3.3. Особенности производства “Хереса”

“Херес” – это крепкое, самое долговечное вино. Сохраняет свои свойства до 100 лет.

Особенности технологической схемы приготовления “Хереса”.

1. Гипсование мезги (2 кг на 1т винограда), благодаря чему, в винах образуются специфические свойства “Хереса” (солонатовость во вкусе и характерная горечь, яркость и прозрачность вина).

2. Брожение производится специальными пленкообразующими дрожжами штамма “Херес”. Бочки заполняют на 2/3 и на поверхности образуется плёнка хересных дрожжей. Брожение идёт при температуре 22 °С. В результате деятельности хересных дрожжей происходит окисление спирта в альдегиды, благодаря чему образуется специальный хересный букет и вкус.

3. Решающую роль в образовании специфического хересного привкуса играет отношение ацетала к альдегиду. Это отношение уменьшается со сроком выдержки “Хереса”. При содержании в 1 л не менее 250 мг альдегида и 100 мг ацетала вино снимают с плёнки. Это отношение альдегида к ацеталу является показателем законченности процесса хересования и хорошего качества хересного виноматериала.

Различают “Херес” крепкий (содержание спирта 19–20 % об., содержание сахара 3–5 % масс.); десертный (содержание спирта менее 16 % об., содержание сахара 10–12 % масс.); столовый (содержание спирта до 14 % об., содержание сахара 0 % масс.).

Для получения крепкого хереса производят купажирование хересного материала (взятого из-под плёнки), креплёного до 50 % об. спирта, и сухого столового вина 1–2 годичной выдержки. Купаж выдерживают в полных бочках на солнечных площадках или в мадерниках.

Столовый херес готовят купажированием основного хересного материала с выдержанными столовыми винами.

Марочные сорта хереса готовят из виноматериалов, выдержанных под плёнкой несколько лет.

Ординарные хересы готовят из молодых виноматериалов.

В своём развитии вино проходит пять стадий: рождение (брожение), формирование, созревание, старение и отмирание.

Рождение вина – брожение виноградного сусла. В результате превращения углеводов и белков образуется ряд веществ, которые влияют на букет вина.

Формирование вина – изменение физического, химического и биологического характера. На этой стадии происходит дображивание сахаров, выделение диоксида углерода, растворенного в молодом вине, выпадение виннокислых солей, выделение и выпадение пектиновых веществ, распад яблочной кислоты на молочную и диоксид углерода, оседание дрожжей и осветление вина.

Созревание вина – совпадает с периодом выдержки. Одним из существенных факторов, влияющих на созревание вина, является наличие кислорода воздуха.

Старение вина – сопровождается реакциями, протекающими в анаэробных условиях при низком окислительно-восстановительном потенциале. Особенно характерным является развитие букета старения, который обуславливается восстановительными процессами. При выдержке в бутылках вино через определённый срок достигает максимального развития своих качеств, своего полного расцвета. Этот момент определяют посредством дегустации. Для достижения таких качеств требуется длительная выдержка: для белых, лёгких и малоэкстрактивных вин – 4–5 лет; для более крепких и экстрактивных

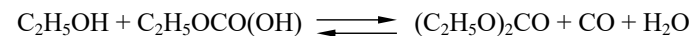
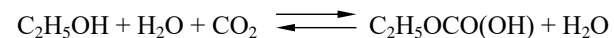
вин – 10–12 лет; для красных мускатных вин – 15–20 лет; крепких и десертных – десятки лет.

Отмирание (разрушение) вина. Через определённый срок все вина увядают и отмирают. Этот процесс заключается в необратимом распаде равновесной системы вина с нарушением наилучшего состояния отдельных компонентов. Вино обесцвечивается, выпадает в осадок, приобретает неприятный вкус и аромат. Критический возраст, при котором начинается разрушение вина, для различных вин различен. Некоторые крепкие вина сохраняют свои свойства до 100 лет и более, однако все вина (одни раньше, другие позже) теряют свойственные им аромат и букет.

2.5.2.4. Производство игристых вин

Группа игристых вин (насыщенных диоксидом углерода), куда входит и Советское шампанское, отличается очень тонким букетом, свежим гармоничным вкусом и специфической окраской. Вкус и букет формируются в результате сложных физико-химических и биологических процессов, происходящих в процессе вторичного брожения в закрытых бутылках или других ёмкостях.

Процесс шампанизации – процесс физического, химического и физико-химического связывания диоксида углерода, образующегося при вторичном брожении столового вина. Растворяясь в вине, диоксид углерода образует угольную и пирогликольную кислоты, которые со спиртом и другими компонентами вина образуют сложные соединения типа эфиров. В них диоксид углерода находится в связанном состоянии:



Чем больше давление в сосуде, тем больше накапливается в вине растворенной и связанной форм угольной кислоты и тем выше качество шампанского. При снижении давления до барометрического происходит гидролиз этих нестойких эфиров и идёт медленное выделение диоксида углерода.

2.5.2.4.1. Особенности получения и обработки шампанских виноматериалов

Советское шампанское изготавливают из так называемых шампанских виноматериалов, вырабатываемых из лучших сортов винограда (Фетяска, Шардоне, Совиньен, Рислинг, Пиноблан и др.), выращенных в районах с соответствующими климатическими условиями. Виноград, идущий на переработку, должен содержать 17–20 % сахара и иметь титруемую кислотность 8–14 г/л.

Для производства шампанских виноматериалов отбирают лучшие (первые) фракции суслу в количестве не более 50 дал с одной тонны винограда, причём время отделения суслу не должно превышать 50 минут. Сульфитацию суслу перед осветлением осуществляют минимально возможными дозами сернистого ангидрида (но не более 120 мг/л). При отделении и осветлении суслу стремятся ограничить контакт его с воздухом для предотвращения окисления.

Брожение проводят при температуре не выше 18 °С (при отсутствии регулирования температуры не выше 25 °С) на чистой культуре специальных рас дрожжей (Штейнберг-92, Кахури-7, Феодосия-1-19, Судак-VI-5 и др.). Остаточное содержание сахара в вине не более 2 г/л. Молодые вина, не отвечающие требованиям, предъявляемым к шампанским виноматериалам, отбраковывают.

Характеристика шампанских виноматериалов.

1. Цвет – светло-соломенный с зеленоватым оттенком, допускается незначительно розовый.
2. Аромат – чистый, свежий.
3. Вкус – чистый, гармоничный.
4. Содержание спирта – 10–12 % об.
5. Титруемая кислотность – 6–10 г/л.

Обработка шампанских виноматериалов.

Обработка шампанских виноматериалов (независимо от метода) включает следующие операции: ассамблирование, осветление ассамбляжа, купажирование, осветление купажа, обескислороживание, выдержка и хранение купажа.

Ассамблирование – объединение мелких партий вина в крупные в пределах сорта.

Осветление ассамбляжа (или купажа) – включает оклейку, фильтрование, отстаивание при низкой температуре с последующим холодным фильтрованием.

Купажирование – смешивание осветлённых ассамбляжей (т.е. вин различных сортов) по определённой рецептуре с учётом требований, предъявляемых к кондиции и качеству шампанского. Купажирование одна из наиболее ответственных технологических операций в производстве шампанского. Производственные купажи составляют на основании пробных купажей, получивших положительное заключение дегустационной комиссии. Рекомендуется вводить в состав купажей высококачественные вина, прошедшие 1–20 летнюю выдержку. При недостаточной кислотности виноматериалов в купажи вносят лимонную кислоту из расчёта повышения их кислотности не более чем на 2 г/л.

Выдержку купажей до передачи на шампанизацию осуществляют в условиях, исключающих попадание кислорода. Для этого в вино вводят сер-

нистый ангидрид. Также обескислороживание можно осуществлять биологическим способом: в купаж вводят разводку дрожжей, которые в процессе жизнедеятельности потребляют растворенный в вине кислород и обогащают вино биологически активными веществами (ферментами, витаминами, аминокислотами). Обработка виноматериалов может осуществляться периодическим и непрерывным методом.

При периодическом – ассамблирование осуществляют в резервуарах соответствующей вместимости. При перемешивании в вино вводят танин, на следующий день – жёлтую кровяную соль (ЖКС) и затем (не ранее чем через 4 часа) рыбий клей или бентонит.

Танин используют в виде 10 % го раствора в спирте или обработанном купаже.

ЖКС в виде свежеприготовленного водного раствора температурой 35–40 °С. Обработка ЖКС требует осторожности и тщательного контроля, во избежание попадания в вино ядовитых веществ, которые образуются в результате реакции ЖКС с солями железа (ферроцианиды железа – берлинская лазурь).

Рыбий клей – в виде 0,5–1,0 %-ного раствора в вине.

Бентонит – в виде 20 %-ной водной суспензии.

Осветлённые ассамбляжи направляют на приготовление производственного купажа, который после обработки (аналогично ассамбляжу) и обескислороживания направляют на выдержку. Окончание выдержки устанавливают по данным химико-микробиологических исследований и дегустационной оценки купажа.

При обработке виноматериалов *непрерывным методом* ассамблирование осуществляют в резервуарах, являющихся одновременно расходными (напорными). В приёмные резервуары вносят необходимое количество ЖКС, вино тщательно перемешивают и направляют на купажирование. Сортные материалы в определённом соотношении (через ротаметры) смешивают в объединённый поток, в который одновременно вносятся оклеивающие вещества (танин и рыбий клей или бентонит). Поток купажа поступает в батарею из последовательно соединённых резервуаров, оборудованных перемешивающими устройствами. После оклейки купаж осветляют (сепарированием, фильтрованием) и направляют в батарею контрольной выдержки. В случае повторного выпадения осадка берлинской лазури вино фильтруют и подвергают обескислороживанию.

2.5.2.4.2. Методы шампанизации

Шампанизация производится тремя методами: бутылочным – в специальных шампанских бутылках; резервуарным – в непрерывном потоке в специальной установке; резервуарным периодическим – в отдельных аппаратах (акратофорах).

Шампанизация вина бутылочным методом.

Производство шампанского бутылочным методом включает следующие технологические операции: приготовление тиражной смеси, разлив тиражной смеси в бутылки (тираж), брожение и выдержка, переведение осадка на пробку (ремюаж), удаление осадка из бутылки (дегоргаж), дозирование экспедиционного ликёра, контрольная выдержка, отделка и упаковка.

В тиражную смесь входят:

- обработанные виноматериалы;
- тиражный ликёр, из расчёта содержания сахара в тиражной смеси 22 г/л;
- разводка чистой культуры дрожжей, из расчёта содержания около 1 млн клеток в 1 мл;
- 10 % спиртовой раствор танина;
- 2 % раствор рыбного клея в вине.

Тиражный ликёр – растворенный крупнокристаллический сахар-песок в купаже, подготовленном к шампанизации. Концентрация сахара в ликёре 50 %. Ликёр фильтруют и выдерживают 10 суток. Сернистый ангидрид – в количестве до 25 мг/л с учётом содержания его в купаже. При необходимости добавляется лимонная кислота (до 1 г/л).

Тиражную смесь температурой 12–16 °С разливают в хорошо вымытые новые бутылки при непрерывном перемешивании смеси в резервуаре. Наполненные бутылки укупоривают корковой или полиэтиленовой шампанской пробкой, которую закрепляют металлической скобой и после проверки качества укупорки передают на брожение.

Дрожжи, используемые в производстве шампанского, должны быть: жизнедеятельны при высокой активной кислотности (рН = 2,8–3,2), высоким содержанием спирта (10–12 % об.) и диоксида серы (200 мг/л) в среде, с повышенным давлением (до 500 кПа) и пониженной температуре (10–13 °С); образовывать продукты брожения, обуславливающие характерные для шампанского свежий гармоничный вкус и аромат; минимальное количество нежелательных продуктов; быстро отмирать после окончания брожения и давать осадок пылевидной структуры.

Брожение рекомендуется проводить при температуре 10–12 °С. Более высокая температура брожения повышает процент боя бутылок. Более низкая температура снижает бродильную активность дрожжей, что приводит к недобродам.

Под действием дрожжей происходит сбраживание сахара, введённого в вино с тиражным ликёром (вторичное брожение), а образующийся диоксид углерода постепенно насыщает вино и создаёт в бутылках избыточное давление. В процессе брожения систематически (не реже 1 раз в 10 дней) контролируют давление в бутылках, содержание сахара. Выбродившим считается

вино с содержанием сахара не более 0,3 %. При этом давление в бутылке должно составлять не более 0,4 МПа. В дальнейшем это вино называют кюве.

Послетиражную выдержку вина проводят при температуре 10–15 °С. Срок выдержки три года с момента тиража до даты дегоргажа. В процессе выдержки бутылки перекалывают со взбалтыванием осадка, отбраковывая бутылки с утечкой вина (кулез). Таких перекалываний несколько (не менее четырёх). Последнюю перекалку обычно совмещают с загрузкой бутылок в попитры для *ремюажа* (сведения осадка на пробку). К концу операции (через 1,5–2 месяца), когда бутылки находятся под большим углом горлышком вниз (казье), весь осадок оказывается на пробке, а вино совершенно прозрачным. В помещениях, где проводится ремюаж, поддерживается температура не выше 15 °С.

Собранный в процессе ремюажа на пробке осадок рекомендуется перед удалением из бутылок замораживать до образования льдинки. После снятия удерживающей пробку скобы осадок вместе с пробкой выталкивается из бутылки и сбрасывается в специальный приёмник. Сразу после *дегоргажа* в бутылки с вином добавляют экспедиционный ликёр.

Экспедиционный ликёр готовят растворением крупнокристаллического рафинированного сахара в высококачественных виноматериалах, выдержанных 2,5–3 года. Содержание сахара в ликёре 70–80 %. Для доведения в ликёре концентрации спирта до 11–11,5 % об. и титруемой кислотности до 7–8 г/л. в ликёр добавляют коньячный спирт 5 летней выдержки и лимонную кислоту. Затем ликёр фильтруют и выдерживают в течение 7 суток. Количество вводимого в бутылки ликёра определяют с учётом сахаристости выпускаемого шампанского и содержания сахара в ликёре.

После добавления ликёра каждую бутылку доливают тем же вином и укупоривают экспедиционной пробкой, которую закрепляют уздечкой (мюзле), взбалтывают и направляют на *контрольную выдержку*.

Шампанское, прошедшее контрольную выдержку и отвечающее требованиям нормативной документации, проходит *бракераж* и направляется на *внешнее оформление*.

Бутылочный метод шампанизации виноматериалов обеспечивает необходимые условия получения шампанского высокого качества. Однако он длителен, трудоёмок и дорогостоящ. Поэтому широкое распространение нашёл резервуарный метод, который из периодического совершенствуется в непрерывный.

Шампанизация вина резервуарным периодическим способом.

Шампанизацию резервуарным периодическим способом осуществляют в специальных резервуарах – акратофорах.

Акратофор – герметически закрывающийся металлический резервуар с охлаждающими рубашками.

Предназначенную для сбраживания (акратофорную) смесь готовят в резервуаре с перемешивающим устройством. Акратофорная смесь состоит из:

- обработанного купажа;
- резервуарного ликёра;
- разводки чистой культуры дрожжей.

Разводку дрожжей вносят из расчёта содержания 2–3 млн. дрожжевых клеток в 1 мл. Для достижения нужной кислотности в сбраживаемую смесь можно вносить лимонную кислоту из расчёта повышения кислотности на 1 г/л. В смесь задают также сернистый ангидрид в количестве до 20 мг/л. Перед приготовлением смеси купажи подвергают тепловой обработке при температуре 55–60 °С в течение 12–24 часов.

Вторичное брожение в акратофорах проводят при температуре не выше 15 °С (после достижения давления в акратофорах 0,08 мПа).

Продолжительность шампанизации 25 суток, в том числе не менее 20 суток брожение. Суточный прирост давления не должен превышать 0,03 мПа начиная с 0,08 мПа.

В процессе шампанизации должно быть сброжено сахара не менее 18 г/л и достигнуто давление в акратофоре не менее 0,4 мПа при температуре 10 °С. Затем шампанизированное вино охлаждают до температуры минус 4–5 °С за 18 часов и выдерживают при этой температуре 48 часов. Обработанное холодом вино фильтруют при температуре не выше 0 °С и разливают в бутылки.

Разлив осуществляют на автоматических линиях в изобарических условиях. Давление в резервуаре разливочной машины должно быть не ниже 0,2 мПа и температура не выше минус 1 °С. В резервуаре-сборнике, из которого производят разлив, поддерживается постоянное давление при помощи подачи диоксида углерода.

Шампанизация вина резервуарным непрерывным методом.

Шампанизация вина непрерывным методом осуществляют в специальной установке. Установка состоит из:

- последовательно соединённых между собой шести-восьми бродильных аппаратов (акратофоров);
- одного биогенератора;
- теплообменника;
- термосов-резервуаров;
- фильтра и приёмных аппаратов для создания резерва готового к разливу шампанского.

На непрерывную шампанизацию купажи направляют непосредственно после обработки и обескислороживания.

2.5.3. Классификация плодово-ягодных вин

Плодово-ягодные вина представляют собой алкогольные напитки, полученные спиртовым брожением соков свежих плодов и ягод. Эти вина могут быть приготовленные из сока одного вида плодов и ягод или из смеси.

Вина, полученные из сока одного вида плодов или ягод, называют *сортовыми*.

Вина, полученные из двух или нескольких видов плодово-ягодных соков, называют *купажными*.

Различают: столовые, крепкие, сладкие и газированные вина.

Столовые (сухие) вина характеризуются невысокой экстрактивностью, крепостью 9–10 % и кислотностью 7 г/л.

К столовым винам относятся:

- красные столовые – цвет от светло-рубинового до светло-гранатового;
- розовые столовые – цвет от светло-розового до темно-розового;
- белые столовые – цвет от соломенно-янтарного до соломенно-золотистого.

Крепкие вина характеризуются относительно высоким содержанием спирта (16–17 % об.), умеренным содержанием сахара (8–9 %); кислотность колеблется от 6 до 8 г/л.

Сладкие вина характеризуются относительно высоким содержанием сахара (10–16 %), крепостью 16 % об. и кислотностью 7–8 г/л.

Газированные вина характеризуются содержанием в них диоксида углерода, что достигается искусственным насыщением их СО₂ под давлением 0,3–0,5 мПа.

Сидр – напиток, полученный брожением натурального яблочного сока с добавлением (или без) сахара и насыщенный диоксидом углерода. Характеризуется небольшой крепостью (5–7 %) и кислотностью 5–8 г/л, светло-янтарного цвета с зеленоватым оттенком. Различают сидр сухой, полусладкий (5 % сахара) и сладкий (10 % сахара).

Сырьём для производства плодово-ягодных вин служат большинство видов плодов и ягод, но наиболее применяемые яблоки, рябина, вишня, слива, земляника, малина, смородина, брусника, ежевика и др. Свежие плоды и ягоды содержат от 70 до 90 % воды. Остальные вещества, входящие в состав плодов и ягод, делятся на растворимые и нерастворимые (клетчатка, крахмал, протопектин, некоторые азотистые и минеральные вещества). Растворимые вещества, содержащиеся в клеточном соке, составляют общий экстракт сока. Общий экстракт сока подразделяется на сахара и несахара (приведённый экстракт). Полнота вкуса вина определяется количеством приведённого экстракта. Сахара, представлены в плодах и ягодах глюкозой, фруктозой и сахарозой. Общая кислотность плодов и ягод колеблется в пределах от 0,1 до

3,5 г/л. В них содержится в основном яблочная, лимонная, винная кислоты. В плодах преобладает яблочная кислота, в ягодах – лимонная.

На рис. 20 представлена принципиальная технологическая схема производства плодово-ягодных вин.

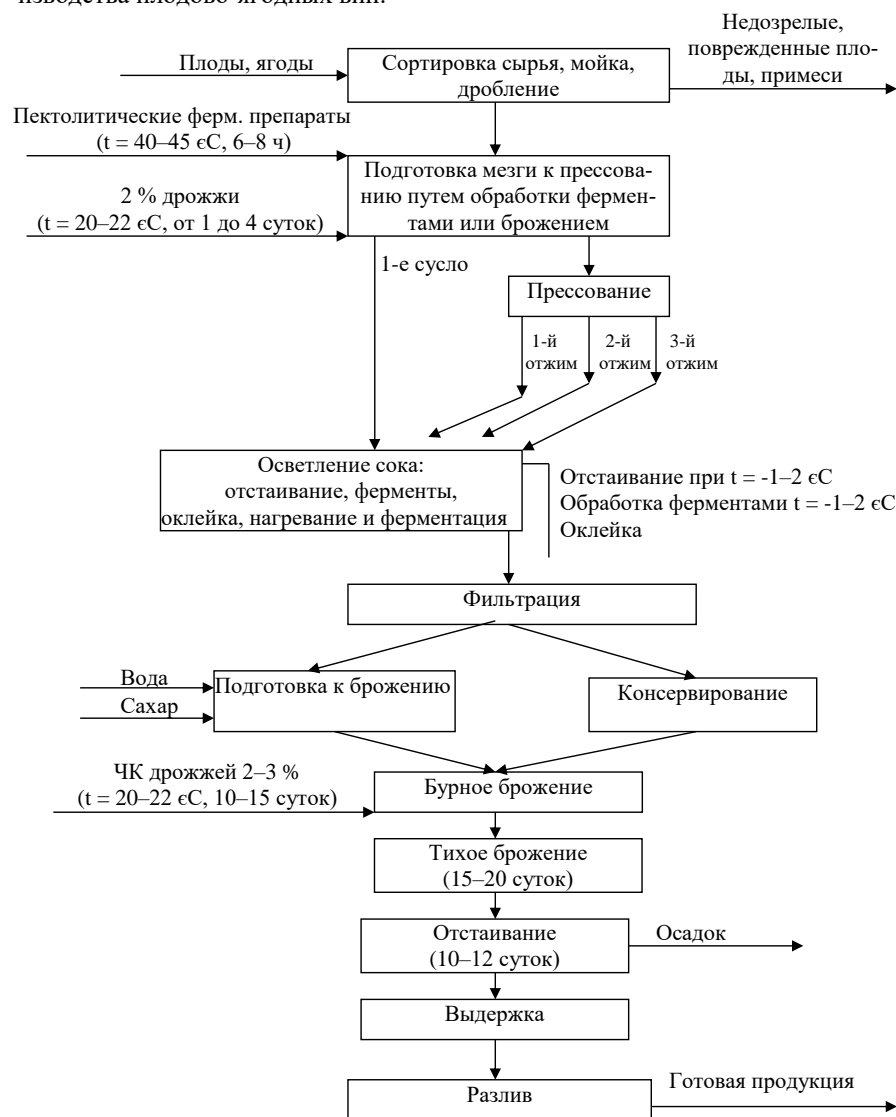


Рисунок 20 – Технологическая схема производства плодово-ягодных вин

2.5.4. Получение плодово-ягодного сусла и подготовка его к брожению

Получение сока. При получении сока последовательно выполняют следующие операции:

- сортировку сырья;
- мойку;
- дробление;
- подготовку мезги к прессованию;
- прессование;
- очистку и консервирование.

При сортировке удаляют незрелые и повреждённые плоды, а также всевозможные примеси (веточки, листья), влияющие на качество сока.

Отсортированные и *помытые плоды измельчают и прессуют*. Плоды, содержащие много пектина (смородина, слива, крыжовник, абрикосы, земляника, малина) трудно отдают сок, поэтому перед прессованием измельчённое сырьё обрабатывают пектолитическими ферментами (протопектиназой, пектазой). В результате гидролиза пектиновых веществ образуются растворимые конечные продукты: арабиноза, моногалактуроновая кислота, метанол. Вторым способом извлечь сок в богатых пектином плодах является настаивание или сбраживание. Сбраживание ведут в открытых бродительных аппаратах при температуре 20–22 °С. По истечении определённого срока брожения клетки разрушаются и отдают сок.

После сбраживания измельчённого сырья, сначала собирают самотёк, а затем мезгу заливают водой в количестве 10–15 %. Вытесняемый водой сок также собирают, а затем *мезгу прессуют*. Так собирают сок первого, второго и третьего прессования.

Полученный сок бывает мутным. Вещества, обуславливающие мутность, вызывают появление нежелательных привкусов в вине, поэтому сок необходимо осветлить. *Осветление* достигается: отстаиванием, обработкой ферментами, оклейкой или быстрым нагреванием с последующим фильтрованием. Соки после фильтрования получают кристаллически прозрачными, с чистым вкусом и ароматом плода.

Осветлённые и профильтрованные соки, предназначенные для длительного хранения, консервируют. Распространённым *способом консервирования* соков является *сульфитация* – введение сернистого ангидрида. Сульфитированные соки хранят в герметически закрытых резервуарах. Сульфитированные соки перед брожением десульфитируют. Десульфитация производится аэрацией при переливках сока тонкой струёй. Если ангидрид содержится в соке в больших количествах, то десульфитация сока достигается, либо нагреванием до 72–80 °С, или прибавлением перекиси водорода для превращения сернистого ангидрида в серную кислоту, удаляемую прибавлением

порошка мела. Образующийся при этом гипс выделяется и оседает примерно в течение суток.

Ещё одним из *способов консервирования соков* является *спиртование*. Доводят содержание спирта до 25 % об. Хранят сок при температуре не более 10 °С.

Подготовка суслу к брожению. Для получения вина стандартного качества, плодово-ягодные соки при необходимости разбавляют водой для снижения кислотности, а для увеличения сахаристости добавляют сахар. При этом учитывают, что при брожении некоторых соков и дальнейшей выдержке вина происходит понижение кислотности под действием кислотоснижающих бактерий и делящихся дрожжей.

При получении столовых вин до 8–10 % об. спирта все требуемое количество сахарного раствора добавляют в сусли сразу до начала брожения. Для нормального брожения вводят фосфат аммония в количестве 2–3 г/дал сусли.

2.5.5. Брожение, обработка и выдержка плодово-ягодных вин

В плодово-ягодное сусли, подготовленное к сбраживанию, вносят 2–3 % разводки чистой культуры дрожжей. После ведения дрожжей, ёмкость на 3/4 объёма заполняют суслим, сразу закрывают шпунтом. Лучшей начальной температурой брожения считается 20–22 °С.

Брожение можно разделить на три стадии.

Первая стадия – бурного брожения, продолжается 10–15 суток. Характеризуется сбраживанием большей части сахара. По окончании бурного брожения ёмкость доливают почти до полна однотипным вином и снова закрывают шпунтом.

Вторая стадия – тихого брожения, продолжается ещё 15–20 суток. По достижении крепости сбраживаемого сусли 16 % об. брожение заканчивается, при этом выделение диоксида углерода прекращается. Получают молодое вино.

Если сбраживаемое сусли предназначено для изготовления столовых (сухих) вин, брожение доводят до конца с тем, чтобы содержание сахара в молодом вине не превышало 0,1 %.

Если сбраживаемое сусли предназначено для изготовления крепких и сладких вин, брожение приостанавливают введением спирта при остаточном расчётном содержании сахара в молодом вине.

Третья стадия. Для осветления молодое вино на 10–12 суток оставляют на отстаивание. Затем производят первую переливку вина (снятие с осадка). Если вино плохо осветляется, то производят оклейку. Для улучшения вкуса вина купажируют.

Дображивание и хранение вина. После снятия с осадка вино переливают в чистые бочки. Первая переливка вина открытая. Через 2–2,5 месяца производят вторую открытую переливку. Третья переливка закрытая и производится через 6 месяцев после первой. При выдержке в подвале строго следят за тем, чтобы бочки были полными.

Плодово-ягодные вина созревают сравнительно быстро, достигая разливной зрелости через год после изготовления.

2.5.6. Химико-технологический и микробиологический контроль производства вина

В таблицах 12, 13 представлены схемы химико-технологического и микробиологического контроля производства вина.

Таблица 12 – Схема химико-технологического контроля производства вина

Объект контроля	Контролируемые показатели	Методы анализа	Периодичность
1	2	3	4
Виноград Контроль созревания	Динамика накопления сахаров и кислот	Методом Бертрана Титрованием Разбор и взвешивание	В каждой, поступившей партии
Контроль приёмки винограда	1. Определение содержания сахара 2. Кислотность 3. Механический состав (содержание гребня, кожицы, семян, повреждённых ягод)		
Виноградное сусли	1. Определение содержания сухих веществ 2. Определение содержания сахара 3. Определение содержания сернистого ангидрида 4. Кислотность	Рефрактометрически Методом Бертрана По ГОСТ14351-73 Титрованием	В каждой партии, идущей на брожение
Брожение виноградного сусли	1. Опред. содержания сухих веществ 2. Опр. содерж. сахара 3. Опр. содерж. спирта 4. Температура 5. Кислотность	Рефрактометрически; Методом Бертрана Эбулиометрическим методом Термометром Титрованием	В каждой ёмкости брожения периодически и в конце брожения Ежедневно Периодически

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4
Обработка и выдержка вина	1. Температура выдержки 2. Кислотность 3. Химический состав 4. Органолептическая оценка	Термометром Титрованием Те же методы Дегустация	Ежедневно Периодически Периодически и в конце выдержки
Производство шампанского Контроль виноматериалов	1. Удельный вес 2. Содержание сахара 3. Содержание спирта 4. Кислотность 5. Содержание летучих кислот 6. pH 7. Содержание уксусного альдегида 8. Содержание железа 9. Содержание дубильных и красящих веществ 10. Пенообразование 11. Органолептическая оценка	Пикнометрически Методом Бертрана Эбулиометрическим методом Титрованием По ГОСТ13193-73 Потенциометрически Йодометрическим методом Колориметрическим методом Перманганатным методом Высота пены Дегустация	В каждой поступившей партии виноматериалов каждого сорта
Обработка виноматериалов Контроль ассамбляжа	1. Определение содержания спирта 2. Кислотность 3. Содержание летучих кислот 4. Содержание железа 5. Содержание уксусного альдегида 6. Содержание свободной и общего количества сернистой кислоты 7. Пенообразующая способность	Эбулиометрическим методом Титрованием По ГОСТ13193-73 Колориметрически Йодометрическим методом По ГОСТ14351-73 Высота пены	В каждом резервуаре

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4
Контроль купажа и оклейки	1. Те же показатели 2. Органолептическая оценка	Те же методы	В каждой ёмкости
Контроль виноматериалов, находящихся на выдержке	1. Температура выдержки 2. Содержание кислоты	Термометром Те же методы	Ежедневно До и после обескислороживания
Контроль ликёров	1. Определение содержания сахара 2. Определение содержания спирта 3. Определение содержания сернистой кислоты 4. Органолептическая оценка	Те же методы	В каждой партии
Разлив вина	1. Контроль качества мойки бутылок 2. Полнота налива 3. Качество укупорки 4. Внешнее оформление	Визуально, микробиологические посевы, реакция на остаточную щёлочность Контрольный замер Выдержка при температуре 25 °С Визуально	Постоянно в течение смены При наладке разливочного автомата и периодически
Готовая продукция	Все показатели согласно нормативной документации		Постоянно в течение смены

Таблица 13 – Схема микробиологического контроля

Объект контроля	Место отбора проб	Наименование показателей	Периодичность контроля
1	2	3	4
Вода	Из кранов и шлангов в производственных цехах; из источника водоснабжения	1. Общее число микроорганизмов 2. Коли-титр	Не реже 1 раза в неделю
Сусло	Из ёмкостей для отстаивания	1. Наличие посторонних микроорганизмов	Из каждой ёмкости
Брожение	Из ёмкостей для брожения	1. Наличие возбудителей микодермы 2. Состояние дрожжей	В каждой ёмкости для брожения
Разводка ЧК дрожжей	Из аппаратов для ЧК дрожжей	1. Микробиологическая чистота дрожжей 2. Физиологическое состояние 3. Наличие мёртвых клеток 4. Общее количество дрожжей в 1 мл разводки	В каждом аппарате для ЧК
Хранение и выдержка вина	Из ёмкостей для выдержки	1. Наличие посторонних микроорганизмов	В каждой ёмкости для выдержки
Оборудование	Оборудование и трубопроводы	1. Сушее количество микроорганизмов 2. Коли-титр	В последней смывной воде перед каждым заполнением

2.6. Производство хлебопекарных дрожжей

Для хлебопечения вырабатываются прессованные и сухие дрожжи. Свежие прессованные дрожжи представляют собой пастообразную массу светло-серого цвета, а сухие – гранулированный продукт светло-коричневого цвета. Дрожжи используются в хлебопечении как разрыхлитель теста, в витаминной промышленности – в качестве сырья для получения витамина Д, в медицине – для приготовления лекарственных препаратов, в микробиологической промышленности – для приготовления питательных сред.

Основной задачей дрожжевого производства является накопление биомассы дрожжей путём размножения их на жидких питательных средах.

Дрожжевое производство коренным образом отличается от других бродильных производств тем, что готовый продукт представляет собой массу живых организмов, а не метаболиты их жизнедеятельности. Хлебопекарные дрожжи производят либо на специализированных дрожжевых заводах, либо в цехах хлебопекарных дрожжей спиртовых заводов.

2.6.1. Основные стадии производства хлебопекарных дрожжей на специализированных дрожжевых заводах

Основными стадиями производства хлебопекарных дрожжей на специализированных заводах являются:

- приготовление питательной среды;
- выращивание посевных дрожжей;
- выращивание товарных дрожжей;
- выделение дрожжей из жидкой среды;
- формирование, упаковка и хранение;
- охлаждение или сушка дрожжей.

На рис. 21 изображена аппаратурно-технологическая схема дрожжевого завода.

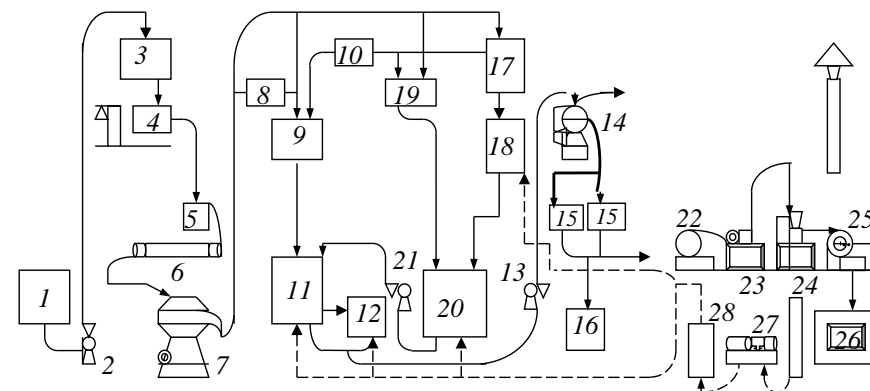


Рисунок 21 – Аппаратурно-технологическая схема дрожжевого завода:
1 – бак для хранения патоки; 2 – насос; 3 – напорный чанок для патоки; 4 – мерник; 5 – расходный бак; 6 – рассиропник; 7 – осветлительный сепаратор; 8 – стерилизатор; 9 – приточный чан генерации В; 10 – бак для раствора питательных солей; 11 – дрождерастительный чан генерации В; 12 – чан для отборов; 13 – насос; 14 – сепараторы; 15 – чанки для дрожжевой суспензии; 16 – промывной чан; 17 – маточный чан; 18 – чан генерации А; 19 – приточный чан генерации Б; 20 – дрождерастительный чан генерации Б; 21 – насос; 22 – вакуум-фильтр; 23 – тестомесильная машина; 24 – формовочная машина; 25 – сберточный автомат; 26 – холодильная камера; 27 – турбовоздуходувка; 28 – воздухоохладительная камера

2.6.1.1. Приготовление питательной среды

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, определённое 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 %;
- pH 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 °C.

Приведённые показатели мелассы взаимосвязаны, и отклонение каждого из них указывает на её дефектность (технологическую неполноценность).

Схема приготовления питательной среды включает в себя приготовление растворов питательных солей, стимуляторов роста, регулирование pH, осветление и разбавление мелассы (см. рис. 22).

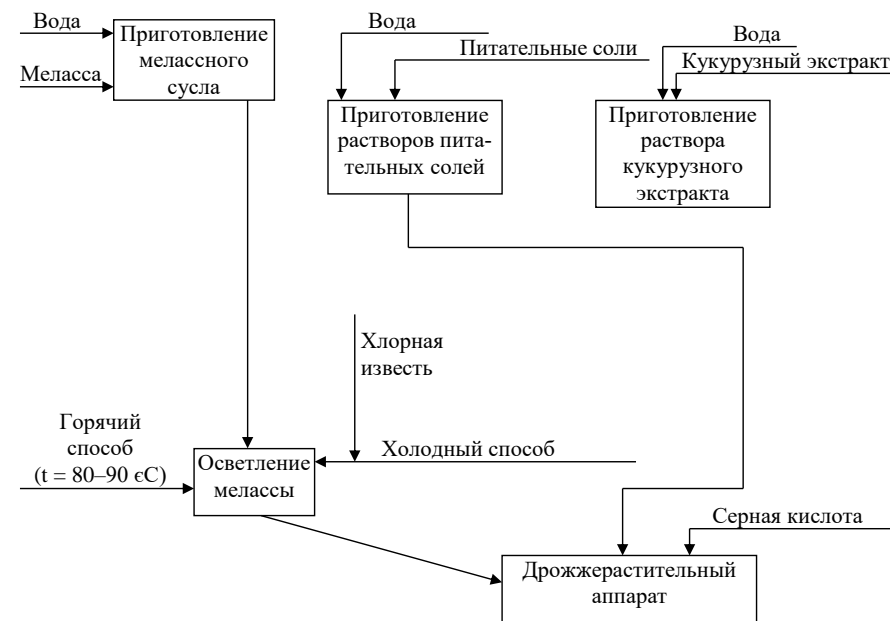


Рисунок 22 – Технологическая схема приготовления питательной среды для выращивания хлебопекарных дрожжей

Приготовление мелассного суслу. Приготовление мелассного суслу 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 массовому обмену веществ и тормозят рост дрожжей. Поэтому мелассу осветляют, чтобы удалить коллоиды и взвешенные частицы и подавить развитие содержащихся в ней микроорганизмов. Осветляется меласса путём центрифугирования на специальных центрифугах (кларификаторах). Осветление проводят двумя способами: холодным и горячим.

При холодном способе осветления мелассу растворяют в специальных ёмкостях водой примерно 1:1 (в зависимости от качества мелассы от 25 до 41 % СВ) и имеющихся ёмкостей для разбавления. При разбавлении концен-

трация сахара в единице объёма должна быть постоянной. Раствор мелассы хлорируют хлорной известью из расчёта 0,6–0,9 кг активного хлора на 1 т мелассы в зависимости от степени инфицирования. Для получения “хлорной вытяжки” раствор мелассы выдерживают 0,5 часа в покое. Затем добавляют серную кислоту при работающей мешалке до получения pH 4,5–5,5 и смесь направляют на осветление на кларификаторах. В зависимости от принятой на заводе технологии серную кислоту можно добавлять непосредственно в дрожжерастильные аппараты.

При горячем способе мелассу разбавляют горячей (80–90 °C) водой и направляют в стерилизатор для стерилизации раствора при температуре 105–125 °C в течение 15–60 минут (в зависимости от температуры стерилизации). Затем раствор охлаждают до температуры 80–85 °C и подают на осветление. Перед подачей в дрожжерастильные аппараты раствор охлаждают до температуры 30 °C. При горячем способе мелассу не хлорируют.

Приготовление растворов питательных солей и кукурузного экстракта. В мелассе недостаточное количество фосфорных и усваиваемых дрожжами азотсодержащих соединений. Недостающее количество азот и фосфорсодержащих солей целесообразно добавлять в питательную среду непосредственно при выращивании дрожжей, отдельно от мелассного суслу. Водные растворы солей готовят в отдельных ёмкостях, концентрацией 10–12 %.

Сульфат аммония – поставщик азота; диаммоний фосфат – поставщик фосфора и азота; аммиачная вода – поставщик азота, используется в натуральном виде; ортофосфорная кислота – поставщик фосфора, используется в натуральном виде; суперфосфат – поставщик фосфора, из него готовится вытяжка.

В случае недостатка калия (содержание K₂O меньше 3,5 %) добавляют хлорид калия в виде 10 % раствора. При использовании мягкой воды и содержании в мелассе MgO меньше 0,15 % добавляют сульфат магния в виде 10 % раствора.

В качестве стимулятора роста используют кукурузный экстракт, который разбавляют в соотношении 1:1 и нагревают его до кипения. Затем его охлаждают и обрабатывают биоцином, добавляя его в количестве 5–10 % на 1 м³ экстракта. Кипячение и обработка биоцином вызвана большей обсеменённостью кукурузного экстракта. Кукурузный экстракт добавляют в питательную среду в количестве 6 % к массе мелассы. В качестве стимулятора роста также можно применять автолизат, полученный из отбракованных и некондиционных дрожжей путём выдержки смеси дрожжевой воды и поваренной соли при температуре 48–52 °C в течение 12–18 часов. В автолизате сохраняются синтезированные дрожжами витамины и ферменты.

2.6.1.2. Выращивание дрожжей

Процесс выращивания дрожжей состоит из двух основных стадий: стадии выращивания посевных дрожжей и стадии выращивания товарных дрожжей. Основные стадии в свою очередь разделяются на несколько стадий: лабораторную, разведение чистой культуры (ЧК), разведение естественно ЧК, выращивание товарных дрожжей. Дрожжи, находящиеся в любой из этих стадий, за исключением последней, расходуются для введения в питательную среду в последующей стадии. Дрожжи последней стадии представляют собой товарную продукцию.

2.6.1.2.1. Факторы, влияющие на накопление биомассы

На размножение и скорость накопления биомассы дрожжей оказывает влияние множество факторов, которые необходимо учитывать при производстве.

Влияние температуры. Наиболее благоприятная температура для размножения хлебопекарных дрожжей находится в пределах 27–33 °C, что зависит от применяемой расы дрожжей. Сдвиг температур в ту или иную сторону тормозит размножение дрожжей, что отрицательно сказывается на выходе. При понижении температуры ослабевает размножение, а при повышении температуры до 36 °C размножение дрожжей не замедляется, но при этом получают нестойкие при хранении дрожжи. При температуре выше 36 °C скорость размножения уменьшается, а при дальнейшем повышении температуры прекращается совсем, усиливается автолиз.

Влияние активной кислотности (pH) среды. Оптимальная величина pH питательной среды для выращивания хлебопекарных дрожжей 4,5–5,5. При более низком и более высоком значении pH размножение дрожжей замедляется. В процессе размножения pH среды регулируют. В период активного роста, когда весь аммонийный азот израсходован дрожжами, возможно сильное понижение значения pH. Чтобы предотвратить это, в среду вместо раствора сульфата аммония (при гидролизе которого образуется SO₃⁻², сильно подкисляющий среду) добавляют аммиачную воду в равнозначном по азоту количестве.

Влияние концентрации питательных веществ. Наиболее благоприятным для дрожжей является состояние тургора, при котором осмотическое давление внутри клетки и снаружи близки по величине. С появлением разницы в осмотическом давлении усваивание питательных веществ клеткой улучшается, и скорость накопления биомассы повышается. В разбавленных средах дрожжи размножаются лучше, чем в концентрированных, но при этом требуются дрожжерастильные аппараты больших объёмов и большие количества сточных вод. Концентрация питательной среды в производстве характеризуется *кратностью разбавления*, т.е. отношением единицы массы мелассы к количеству массы воды. Кратность влияет на выход биомассы и каче-

ство готовой продукции. В зависимости от стадии выращивания дрожжей готовят мелассное сусло различной кратности разбавления. В начальной стадии выращивания применяют слабо разбавленные растворы (1 : 5, 1 : 7), чтобы получить физиологически активные, способные к быстрому размножению, дрожжи. В конечных стадиях стремятся получить, возможно, больший выход дрожжей и поэтому их выращивают в более разбавленных мелассных средах (1 : 10, 1 : 17) при интенсивной аэрации.

Чтобы поступление сахаросодержащего сусла в дрожжерастильный аппарат соответствовало скорости размножения дрожжей, питательную среду в дрожжерастильные аппараты вводят притоком по мере использования её дрожжами.

Влияние концентрации дрожжей. При большой концентрации дрожжей затрудняется поступление питательных веществ в клетки, что нарушает их жизненные функции. Чрезмерная концентрация дрожжевых клеток также затрудняет отток метаболитов, что замедляет размножение дрожжей. В производственной практике концентрация дрожжей регламентируется для каждой накопительной стадии и регламентируется количеством вводимых дрожжей и аэрацией сусла.

Влияние содержания растворимого кислорода. Рост дрожжей сопровождается непрерывным потреблением кислорода на дыхание и синтез клеточных веществ. Кислород, растворенный в питательной среде, диффундирует в дрожжевую клетку при разности концентраций его в среде и внутри клетки. Чем быстрее идёт потребление кислорода клетками, тем скорее растут дрожжи. Скорость поглощения кислорода зависит в основном от величины суммарной поверхности дрожжевых клеток, находящихся в единице объёма. С увеличением концентрации дрожжей в среде увеличивается и их поверхность, использующая кислород. Растворенный кислород подавляет спиртовое брожение и активизирует окислительные процессы (дыхание), при которых дрожжи получают достаточно энергии для биосинтеза. Поэтому в анаэробных условиях преобладает спиртовое брожение с минимальной тратой сахара на биосинтез, а в аэробных условиях, наоборот, спиртовое брожение сводится к минимуму и почти весь сахар тратится на синтез биомассы дрожжей.

2.6.1.2.2. Выращивание посевных дрожжей

Начальная стадия разведения дрожжей происходит в лаборатории, где в стерильных условиях высевают ЧК из пробирки с агаро-солодовым суслом, в которое для витаминизации добавляют морковный и томатный соки, дрожжевой автолизат. На этом этапе происходит четыре стадии размножения. В каждой последующей стадии получается объем в 10 раз больше, чем в предыдущей.

4 пробирки → 4 колбы по 50 мл → 4 колбы по 50 мл → 2 колбы по 7 л
(колбы Карлсберга)

I ст. II ст. III ст. IV ст.

Средой в I–III стадиях служит витаминизированное солодовое сусло с концентрацией 12–14 % сухих веществ по сахарометру, а в IV стадии солодово-мелассное сусло с такой же концентрацией сухих веществ и pH 4,8–5,0. В каждой стадии дрожжи размножаются в течение 18–24 часов при температуре 26–30 °C (в термостате). Выращивание дрожжей на лабораторной стадии происходит без аэрации. Последующие стадии происходят в отделениях ЧК с малым инокулятором (МИН) и большим инокулятором (БИН). Средой для размножения дрожжей в отделении ЧК служит мелассное сусло с добавлением питательных солей, серной кислоты. Концентрация питательной среды 12 %, pH = 4,5, температура 28–30 °C в течение 10–14 часов в аппарате МИН и 10–12 часов в аппарате БИН.

Колба Карлсберга → МИН → БИН
0,6 кг биомассы 5 кг биомассы 25 кг биомассы

Объем, концентрация среды (кратность разбавления), общее количество получаемой биомассы дрожжей и интенсивность аэрации в каждой стадии характеризуется определёнными данными (см. табл. 14)

Таблица 14 – Выращивание ЧК дрожжей в отделении чистой культуры

Стадии размножения	Объем среды, л	Кратность разбавления мелассы	Общий выход дрожжей, кг	Аэрация
V (МИН)	250	1:5	5	Периодическая (5–10 мин)
VI (БИН)	1500	1:6	25	То же
VII ЧК–I	5600	1:7,5	170	Непрерывная (20–30 м ³ /ч на 1 м ³ среды)

Начиная со стадии VIII (ЧК–II) – выращивание дрожжей производят в производственных дрожжерастильных аппаратах по воздушно-приточному методу. Приток мелассного сусла ведут по графику в течение 10 часов со скоростью, возрастающей пропорционально накоплению биомассы в аппарате. Приток растворов солей и воды также ведут по графику. До начала притока в дрожжерастильный аппарат задают 3 % от общего расхода мелассы сусла, часть питательных солей и дрожжи из ЧК–I при аэрации. Все операции до начала притока питательной среды называются *складкой*. Общая продолжи-

тельность выращивания 10–12 часов при аэрации 30–40 м³/час на 1 м³ среды. Стадией ЧК–II заканчивается цикл выращивания посевных дрожжей, называемых *дрожжами генерации А*.

Из-за большого количества накопительных стадий и сложности их проведения, дрожжи генерации А готовят периодически (один раз в три-четыре месяца). В течение этого времени их сохраняют и, по мере надобности, расходуют в следующих стадиях. Для лучшей сохранности ЧК дрожжей сепарируют, промывают холодной водой, сгущают до состояния 400–600 г дрожжей в 1 л (в расчёте на прессование). Этот концентрат называют *дрожжевым молоком* и хранят в охлаждаемых сборниках при температуре не выше 6 °С. Посевные дрожжи генерации А размножают до количества, необходимого производству для повседневного засева ещё в двух стадиях выращивания *естественно-чистой культуры* ЕЧК–I и ЕЧК–II. Технологический режим выращивания ЕЧК–I следующий: начальная концентрация питательной среды – 10 % по сахарометру, температура 28–30 °С, рН 4,5–5,0; интенсивность непрерывной аэрации среды 30 м³/ч на 1 м³.

Выращивание дрожжей ЕЧК–II также ведут по воздушно-приточному методу при температуре 28–30 °С. Начальная концентрация питательной среды 3,5–4 %, рН 4,5. Приток ведут в течение 10–12 часов при интенсивной аэрации 40–50 м³/час на 1 м³ среды. Накопившиеся дрожжи в ЕЧК–II представляют собой *посевные дрожжи генерации А₁*. Дрожжи генерации А₁ готовят по мере надобности, обычно 1 раз в сутки, концентрируют и в виде дрожжевого молока хранят при температуре 6–8 °С до использования. Качество посевных дрожжей можно улучшить, если к дрожжевому молоку добавить биомицин в количестве 5 г/м³. Он способствует сохранению мальтазной активности, улучшает стойкость культуры и её способность к активному размножению и росту в течение 30 суток хранения.

2.6.1.2.3. Выращивание товарных дрожжей

Технология выращивания товарных дрожжей (генерация В) имеет много различных вариантов. Одним из вариантов ведут по воздушно-приточному методу в дрожжерастильном аппарате (см. рис. 23). При этом процесс выращивания подразделяют на два периода: накопительный и отборочный. Впервые 7 часов дрожжи выращивают по воздушно-приточному методу до заполнения рабочего объёма дрожжерастильного аппарата (накопительный период) при сильной аэрации 100 м³/ч на 1 м³ среды. Затем начинают непрерывный отбор (отток) некоторого количества содержимого в отдельный отборочный аппарат (отборочный период) и одновременно в таком же количестве подают мелассное сусло, растворы солей и воду. Начиная с восьмого часа, из дрожжерастильного аппарата ежечасно отбирают 16 % дрожжевой массы в отборочный аппарат. В отборочном аппарате дрожжевую массу аэрируют в течение часа с интенсивностью 40–50 м³/ч на 1 м³ среды.

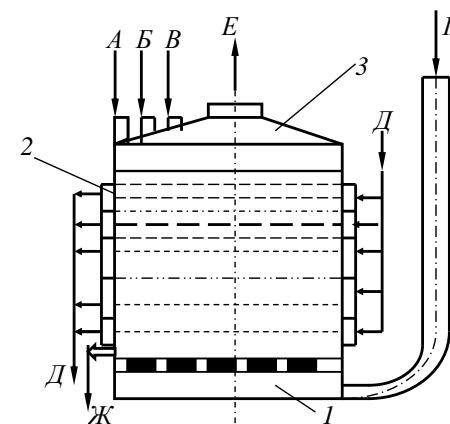


Рисунок 23 – Дрожжерастильный аппарат:

1 – воздухораспределительный короб; 2 – охлаждающая рубашка; 3 – корпус аппарата (А – мелассное сусло, Б – растворы солей и кислоты, В – вода, Г – воздух, Д – хладоагент, Е – отработанный воздух, Ж – дрожжевая суспензия)

В дрожжерастильном аппарате в результате отборов стабилизируются условия для выращивания дрожжей. Накопление дрожжевой массы при этом происходит с одинаковой скоростью. Общая продолжительность процесса 12–20 часов и больше. Дозревание дрожжей происходит в отборочных аппаратах. Объем отборочного аппарата составляет не менее 1/3 объёма основного аппарата. В отборочном аппарате может накопиться 10–12 % биомассы, что зависит от выхода дрожжей в основном аппарате. В настоящее время отборочные аппараты работают либо по проточному, либо по переменному режиму.

При проточном режиме отборочный аппарат в течение 2 часов заполняют культуральной средой из основного аппарата. После этого одновременно с подачей в основной аппарат питательной среды из отборочного аппарата начинают непрерывный отбор биомассы в сепараторы. Скорости притока среды в отборочный аппарат и оттока на сепаратор должны быть равны и устанавливаться в соответствии с технологическим режимом. Температура 27 °С, длительность 1,5–2 часа, аэрация 20–40 м³/ч на 1 м³ среды.

При переменном режиме сначала заполняют первый отборочный аппарат (в течение 2 часов). Затем среда из основного аппарата поступает во второй отборочный аппарат, а в первом при слабой аэрации 0,5–1 м³/ч дрожжи выдерживаются для дозревания, после чего дрожжи направляют на сепараторы. Освободившийся отборочный аппарат заполняют вновь, а в другом аппарате дрожжи дозревают и т.д.

Процесс выращивания дрожжей заканчивается их созреванием. От стадии созревания в большой степени зависит качество хлебопекарных дрожжей. Во время созревания происходит перестройка ферментативных систем с активного синтеза биомассы на обменные процессы, поддерживающие лишь нормальные функции клетки. В процессе созревания дрожжевые клетки потребляют остаточные питательные вещества среды, завершается процесс почкования. Отпочковавшиеся клетки вырастают, и биомасса увеличивается в основном за счёт роста клеток.

2.6.1.3. Выделение дрожжей из жидкой среды

По окончании выращивания и созревания дрожжи выделяют из культуральной среды. Длительное пребывание дрожжей в бражке приводит к ухудшению их ферментативной активности (подъёмной силы, зимазной и мальтазной активности) повышению активности протеолитических ферментов, что отрицательно влияет на стойкость готовой продукции. Дрожжи выделяют из культуральной среды сначала на сепараторах, разделяя её на лишённую дрожжей жидкость (бражку) и дрожжевое молоко с концентрацией дрожжей 300–700 г/л. Далее для окончательного выделения дрожжей дрожжевое молоко подвергают либо фильтрованию на вакуум-фильтрах, либо фильтрованию на фильтр-прессах до получения пастообразной массы влажностью 75 %.

2.6.1.4. Формование, упаковка, хранение и сушка дрожжей

Для отпуска дрожжей потребителю, пастообразную дрожжевую массу формируют в виде прямоугольных брусков массой 1000 г, 500 г, 100 г, 50 г и заворачивают в специальную бумагу. Формование и фасовку прессованных дрожжей осуществляют на автоматических линиях. Упакованные дрожжевые бруски укладывают в чистые, сухие ящики. Общая масса дрожжей в одном ящике не должна превышать 12 кг. Дрожжи быстропортящийся продукт, поэтому хранение производят при температуре 1–4 °С и относительной влажности 82–96 %. Понижение температуры способствует замедлению процессов жизнедеятельности в дрожжевой клетке и лучшему их сохранению. Более низкая температура затормаживает размножение и развитие сопутствующих бактерий (уксуснокислых, молочнокислых, масляных и гнилостных), которые в результате своей жизнедеятельности выделяют в среду ядовитые вещества, угнетающие дрожжевые клетки.

Прессованные дрожжи перевозят на большие расстояния в вагонах холодильниках и авторефрижераторах при температуре 14 °С.

Сушка дрожжей. Так как срок хранения прессованных дрожжей при комнатной температуре не более 4 дней, а в холодильных камерах при температуре 4–6 °С – 12 дней, то актуальным является процесс сушки дрожжей. Срок хранения сушёных дрожжей 5 месяцев. В процессе сушки влагосодержание дрожжей понижается до 8–10 %. Для производства сушёных дрожжей

используют специальные штаммы или расы дрожжей, устойчивые при высушивании, и выращиваются при особых режимах, отличающихся от режимов получения прессованных дрожжей. Оптимальная температура для жизнедеятельности дрожжей – 30 °С, поэтому высушивание при более высоких температурах влечёт за собой инактивацию ферментов и гибель дрожжей. В связи с этим оптимальным режимом сушки является такой режим, который обуславливает температуру слоя дрожжей во время сушки на уровне 30 °С. Во всех сушильных установках дрожжи сушат нагретым воздухом. Однако, температура воздуха различна в зависимости от метода сушки и конструкции сушилки. Известны несколько способов сушки дрожжей:

- в малоподвижном слое;
- во взвешенном состоянии;
- распылением;
- сублимацией; в условиях остаточного давления.

2.6.2. Особенности производства дрожжей на спиртзаводах

Для производства хлебопекарных дрожжей на мелассных спиртовых заводах используют дрожжевой концентрат, который получают путём сепарирования зрелой бражки. Выходящую из сепаратора обездрожженую бражку направляют на перегонку для извлечения из неё спирта, а дрожжевой концентрат подвергают сначала промывке водой и сгущению, а затем фильтрованию или прессованию.

На спиртовых заводах, вырабатывающих хлебопекарные, дрожжи применяют *одноточный двухстадийный способ* сбраживания мелассного сусла двумя культурами дрожжей, выращенных отдельно как в аппаратах чистой культуры, так и в дрожжегенераторах. Для получения большого количества дрожжей с повышенной мальтазной активностью, мелассное сусло в первой стадии сбраживают дрожжами расы Г–112, во второй стадии – дрожжами расы В. Производственные дрожжи основной культуры Г–112 из дрожжегенераторов непрерывно подают в головной аппарат броидильной батареи. После заполнения броидильной батареи бражкой с основной культурой дрожжей, во второй и третий или пятый и шестой броидильные аппараты начинают вводить подсевные дрожжи расы В.

На спиртовых заводах для выделения дрожжей из мелассной бражки используют многоступенчатые схемы сепарирования, которые различаются числом и принципом организации промывания дрожжей водой.

Двухстадийный способ сбраживания мелассного сусла с применением дрожжей рас Г–112 и В позволяет получить хлебопекарные дрожжи с хорошей мальтазной активностью (75–105 мин).

На рис. 24 показана принципиальная технологическая схема производства хлебопекарных дрожжей на спиртовых заводах.



Рисунок 24 – Принципиальная технологическая схема производства хлебопекарных дрожжей на спиртовых заводах

2.6.3. Химико-технологический и микробиологический контроль производства хлебопекарных дрожжей

В таблицах 15 и 16 отображены схемы химико-технологического и микробиологического контроля производства хлебопекарных дрожжей.

Таблица 15 – Схема химико-технологического контроля производства хлебопекарных дрожжей

Объект контроля	Анализируемые показатели	Метод анализа	Место отбора пробы и периодичность анализа
1	2	3	4
Меласса	1. Процент сухих веществ 2. pH 3. Содержание сахаров 4. Доброкачественность 5. Органолептическая оценка 6. Общий азот 7. Зола 8. Цветность 9. Биопроба на нитраты 10. Биопроба на выживание дрожжей	Сахарометром или рефрактометром Потенциометрически Поляриметрически Расчетным путём Органолептически Методом Кьельдаля Сжиганием Сравнением с 0,1 Н р-ром йода Биологический Биологический	Каждая цистерна при приёмке от каждой поступившей партии
Хранение мелассы	1. Процент сухих веществ 2. pH 3. Содержание сахаров 4. Доброкачественность	Сахарометром или рефрактометром Потенциометрически Поляриметрически Расчётным путём	Хранилища – не реже 1р. в месяц Весы, сборник производственной мелассы – при каждом заполнении по 0,5кг Весы – средняя проба за 10 дней
Питательные соли и вспомогательные материалы			
Серноокислый аммоний	1. Азот 2. Содержание вредных примесей	Титрованием	Средняя проба от каждой партии
Суперфосфат	Содержание P ₂ O ₅	Колориметрическим методом	То же

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4
Диаммоний фосфат	1. Азот 2. P ₂ O ₅ 3. Вредные примеси	Титрованием; Колориметрическим методом	То же
Хлористый калий	1. Калий 2. Вредные примеси	Выпариванием в присутствии хлорной кислоты Осаждением магния	То же
Серноокислый магний	1. Содержание магния 2. Вредные примеси	Осаждением магния	То же
Кукурузный экстракт.	1. Содержание сухих веществ 2. Кислотность 3. Биологическая активность	Пикнометрически Титрованием	То же
Серная кислота	3. Биологическая активность	Титрованием	От каждой партии
Олеиновая кислота	1. Содержание моногидрата 2. Определение содержания жира	Титрованием	От каждой партии
Хлорная известь	1. Содержание активного хлора	Путём отгонки спиртовой вытяжки	От каждой партии
Формалин	1. Содержание формальдегида	Титрованием	То же
Аммиак	1. Содержание аммиака в процентах	По удельному весу и титрованием	То же
Контроль подготовительного отделения.			
Осветление мелассы	1. Процент сухих веществ 2. pH	Сахарометром или рефрактометром Потенциометрически	Сборники для мелассы - от каждого затора
Приточная меласса	1. Наличие нитратов		
Раствор серноокислого аммония.	1. Процент сухих веществ 2. Содержание азота	Титрованием	После заполнения каждого сборника То же
Вытяжка суперфосфата	1. Процент сухих веществ 2. Содержание P ₂ O ₅	Колориметрически	То же
Контроль отделения чистой культуры.			
Питательная среда в цехе чист. культуры	1. Процент сухих веществ 2. pH	Сахарометром или рефрактометром Потенциометрически	Из аппаратов ЧК на каждой стадии

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4
Среда дрожжерастильных аппаратов	1. Процент сухих веществ 2. рН 3. Формольное число 4. Накопление дрожжей, г/л	Сахарометром или рефрактометром Потенциометрически Определение усвояемого азота Нефелометром по мутности	Каждая стадия вначале и в конце
Среда дрожжераст. аппарата А	1. Процент сухих веществ 2. рН 3. Формольное число	Те же	Через 1-2 часа, на протяжении всего процесса
Контроль товарно дрожжерастильного отделения Содержимое дрожжерастильных аппаратов Б и В	1. Те же 2. Накопление дрожжей в г/л 3. Ферментативная активность	Те же Нефелометром по мутности В микрогазаметрах	Стадия Б – в начале и в конце процесса Стадия В – через 1-2 часа в течение всего процесса
Контроль по выделению дрожжей. Бражка	1. Количество дрожжевых клеток	Подсчёт дрожжевых клеток в камере	В процессе сепарации 1 раз в смену из трубопровода, удаляющего бражку из сепаратора
Дрожжевой концентрат	1. Процент сухих веществ 2. Окисляемость 3. Количество дрожжей в г/л	Сахарометром или рефрактометром Титрованием Нефелометром по мутности	Из трубопровода, подающего дрожжевое молоко 2-3 раза в смену
Жидкость, стекающая из прессов или вакуум-фильтров	1. Влажность 2. Органолептические показатели	Подсчёт дрожжевых клеток в камере	Из трубопроводов, отводящих воду 2-3 раза в процессе работы при каждой загрузке
Дрожжи из пресса	1. Влажность 2. Подъёмная сила 3. Органолептическая оценка 4. Общий азот 5. Фосфорный ангидрид	Высушиванием Цвет, вкус, запах Вкус, цвет, запах Метод Кьельдаля Метод Бригса	Из сборника 1 раз в смену

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4
Дрожжи формованные (готовая продукция)	1. Влажность 2. Подъёмная сила	Высушиванием	Из ящика, каждый затор
Контроль отделения сушики дрожжей. Прессованные дрожжи, поступающие на сушику	1. Влажность 2. Подъёмная сила	Высушиванием	Из сборника 1 раз перед загрузкой сушилки
Дрожжи в процессе сушики	1. Температура дрожжевой массы 2. Влажность	Термометром Высушиванием	Каждый час, последний час через 30 мин
Сушёные дрожжи (готовая продукция)	1. Влажность 2. Подъёмная сила	Высушиванием	Из бункера от каждой партии

Таблица 16 – Схема микробиологического контроля

Объект контроля	Место отбора	Периодичность	Определяемые показатели	
1	2	3	4	
Вода, поступающая на производство	Трубопровод	1 раз в квартал	1. ОМЧ 2. Коли-титр 3. Степень пригодности	
Воздух	1. Отделение ЧК и засевных дрожжей 2. Остальные производственные помещения 3. Воздуховоды	2 раза в смену 1 раз в квартал 1 раз в месяц	Количество микроорганизмов в 1м ³	
	Санитарное состояние оборудования Дрожжерастильные аппараты и сборники	После каждой мойки		1. ОМЧ
	Сборники для мелассы и дрожжеотборочные аппараты	После каждой мойки		Количество и состав микроорганизмов
Трубопроводы и шланги Прессы и вакуум-фильтры Сепаратор	1. Внутренняя поверхность 2. Смыв 1. Внутренняя поверхность 2. Последняя промывная вода Во всех отделениях завода Прессовальное отделение Сепараторное отделение	После каждой промывки	То же	
		Смыв после каждой промывки	То же	
		Смыв с частей, подающих дрожжи	То же	

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4
Меласса	Хранилища	1 раз в месяц	1. Определение общего количества микроорганизмов 2. Определение состава микрофлоры
Кукурузный экстракт	Средняя проба	Каждая партия	1. ОМЧ 2. Биологическая активность
Приточная меласса	Сборник	После каждого заполнения	Содержание микроорганизмов
Питательная среда в цехе чистой культуры	Аппараты ЧК	Каждая стадия	Наличие посторонних микроорганизмов
Среда дрожжерастильных аппаратов	Аппараты для выращивания ЧК	Каждая стадия в начале и в конце	Наличие посторонних микроорганизмов
Среда дрожжерастил. аппаратов А	Из каждого аппарата	Через 1–2 часа;	1. Процент почкующихся клеток 2. Процент посторонних микроорганизмов
Среда дрожжерастильных аппаратов Б и В	Из каждого аппарата	Через 1–2 часа в течение всего процесса	1. Процент мертвых клеток 2. Процент почкующихся клеток 3. Процент посторонних микроорганизмов
Готовая продукция	Из ящика	От каждой партии	Количество посторонних микроорганизмов
Отделение сушки дрожжей Прессованные дрожжи, идущие на сушку Готовая продукция	Из сборника Бункер для готовой продукции	Перед загрузкой сушилки От каждой партии	Процент посторонних микроорганизмов Процент мёртвых клеток

2.7. Производство кормовых дрожжей

В обеспечении животноводства и птицеводства полноценными кормами по содержанию белков, аминокислот и витаминов большое значение имеют кормовые дрожжи. В производстве кормовых дрожжей используют как мелассную, так и зерно-картофельную барду, которая может содержать или не содержать мёртвые клетки отработавших дрожжей спиртового брожения (*Saccharomyces cerevisia*). Если сахаромыцеты не выделяются из бражки до перегонки, то получаемая барда содержит больше питательных веществ. Основными этапами производства кормовых дрожжей являются: приготовление питательной среды, непрерывно-проточное выращивание дрожжей, выделение дрожжей из культуральной жидкости и термолиз, сушка и гранулирование дрожжей.

2.7.1. Приготовление питательной среды

Сырьём для производства кормовых дрожжей служит послеспиртовая барда. Зернокартофельную барду чаще используют как корм для животных в натуральном или высушенном состоянии, но её питательная ценность возрастает, если на ней выращивают кормовые дрожжи. Химический состав барды зависит от вида и качества исходного сырья и принятой технологии спирта.

Мелассная барда непосредственно на корм животных непригодна, так как в ней содержится большое количество минеральных веществ. Мелассную барду используют в различных направлениях: как основное сырьё для выращивания кормовых дрожжей, для получения органоминеральных удобрений, кормового концентрата витамина В, для выделения глицерина, глютаминовой кислоты, глютамината натрия, бетаина или солянокислого бетаина (ацидина), холинхлорида и других ценных веществ.

Химический состав мелассной барды. Мелассная барда содержит 7,5–10 % сухих веществ, в том числе неорганических соединений около 3 %. Дрожжами усваиваются редуцирующие сахара (0,2–0,5 %), глицерин (0,6–0,9 %), органические кислоты (1,5–2,5 %), аминокислоты, спирты, глюкозиды, органические и неорганические азотсодержащие соединения, соли фосфора, калия, магния, железа, витамины и микроэлементы. Многие из аминокислот барды (аргинин, валин, глицин, лейцин, изолейцин, глютаминовая и аспарагиновая аминокислоты) усваиваются дрожжами.

Процесс приготовления среды заключается в кондиционировании барды, приготовлении растворов питательных солей, пеногасителей, кислот, их стерилизации и смешивании с бардой.

Кондиционирование барды.

Стерилизация барды. Для предотвращения развития посторонней микрофлоры в процессе культивирования дрожжей, горячую барду перед по-

ступлением на производство выдерживают при температуре 95–98 °С в целях стерилизации при непрерывном размешивании (во избежание образования осадка спиртовых дрожжей).

Охлаждение. Горячую барду температурой 95–98 °С охлаждают до температуры 20–25 °С на пластинчатых теплообменниках в противотоке с холодной водой.

Отдувка летучих веществ. В зависимости от качества свёклы и технологии её переработки на сахар в мелассе и барде содержатся в разных количествах вредные вещества (ингибитор), угнетающие рост дрожжей: сернистые соединения, нитриты, муравьиная, пропионовая и масляная кислоты. При их повышенных концентрациях клетки дрожжей гибнут, процесс выращивания неожиданно прекращается без видимых причин. Большинство ингибиторов (SO_2 , NO_2 , H-COOH , $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$) летучие и при отдувке воздухом удаляются из барды.

При подкислении барды соляной кислотой до pH 3,5 указанные вещества, связанные с зольными элементами, переходят в свободное состояние и при обдувке воздухом выделяются в большем количестве и полнее, чем без подкисления. Продолжительность обдувки 2–3 часа при расходе воздуха 25–30 м³/ч на 1 м барды.

Приготовление растворов солей, кислот и пеногасящих эмульсий.

Растворы питательных веществ. В качестве питательных веществ, содержащих азот и фосфор, применяют карбамид в сочетании с ортофосфорной кислотой или диаммоний фосфатом.

Карбамид растворяют в 5–6 кратном количестве воды (или охлаждённого конденсата) при перемешивании 40–60 об/мин. К отстоявшему раствору приливают ортофосфорную кислоту.

Для подкисления питательной и культуральной сред применяют неразбавленную техническую соляную и серную кислоты.

Пеногасящие эмульсии. Олеиновую кислоту, мыло, фосфатиды, фуз и растительные масла смешивают с 8–10 кратным количеством воды или конденсата и в подогретом состоянии превращают в эмульсию с помощью аппаратов-эмульгаторов.

Эмульсии фосфатидных концентратов готовят при температуре 50 °С, смешивают с водой в соотношении 1: 25 с добавлением 0,2 % диаммоний фосфата и размешивают до полного растворения. Эмульсия устойчива в течение суток.

Эмульсия олеиновой кислоты готовится смешиванием с горячей водой температурой 60 °С при оборотах мешалки 2000–3000 об/мин. С добавлением 0,5–1 % эмульгатора (фосфатидов). Размешивают 1,5–2 часа.

Эмульсия олеата натрия готовится при перемешивании 60–10 об/мин. Нагревают с водой в соотношении 5 : 1 до 80 °С, добавляют холодный 20 % раствор едкого натрия (1,4 кг на 100 кг кислоты) и размешивают 30 минут.

Эмульсия мыла готовится при смешивании мыла с горячей водой в соотношении 1 : 5, кипятят 1,5–2 часа, добавляют едкий натрий (3–4 кг на 100 кг мыла), охлаждают до 30–40 °С.

Из мерника дозатора эмульсию небольшой струёй непрерывно приливают в деэмульгатор с мешалкой для разрушения пены культуральной среды, поступающей на сепараторы.

Смешивание компонентов питательной среды.

Питательная среда получается при добавлении к охлаждённой барде растворов солей, содержащих фосфорные и азотистые вещества, усваиваемые дрожжами. Быстрое размножение дрожжей и высокий их выход достигается при содержании в питательной среде азота и фосфора в концентрациях, достаточных для получения в готовом сухом продукте азота не менее 7,5–8,0 % и фосфора (P_2O_5) не менее 3,5–4,0 %.

Охлаждённую до 20–25 °С барду в строго определённом соотношении смешивают с раствором питательных солей в непрерывно действующем смесителе, в который непрерывно и равномерно поступает в заданных объёмах барда, вода или оттоки от сепараторной установки, для получения питательной среды с концентрацией сухих веществ 6,8–7,2 %.

2.7.2. Выращивание дрожжей

2.7.2.1. Размножение чистой культуры дрожжей

Л.Д. Ильиной с соавторами были селекционированы три основные культуры дрожжеподобных грибов, размножающихся на мелассной барде: *Candida utilis* (штамм Л–35), *Torulopsis pinus* (штамм Л–30) и *Trichosporon cutaneum* (штамм Л–52). Эти культуры грибов наиболее устойчивы и урожайны в данной среде.

Trichosporon cutaneum и *Candida utilis* с наибольшей удельной скоростью роста усваивают глюкозу, молочную кислоту, глицерин и пирролидиновую кислоту. *Torulopsis pinus*, более интенсивно и полно используют пирролидонкарбоновую кислоту, содержащуюся в барде в количестве 5–10 г/л. *Torulopsis pinus* и *Candida utilis* выращиваются совместно, так как эти культуры с разной последовательностью усваивают основные углеродсодержащие вещества барды.

Дрожжи ЧК размножают последовательным пересевом:

4 пробирки → 4 колбы (на качалке для аэрации) → лабораторный ферментатор, объёмом 3–4 л → АЧК(0,63м) → АЧК(6,3м).

Размножение в пробирках происходит при температуре 32–35 °С в течение 36–48 часов. В колбах по 100 мл выращивают дрожжи на мелассном сусле на качалке (180–200 об/мин) в течение 16–20 часов.

В лабораторном ферментаторе дрожжи выращивают на меласном сусле концентрацией 4–5 % сухих веществ, рН 4,5–5,0 при постоянном аэрировании.

Состав сусла для размножения дрожжей в колбах и ферментаторе:

- концентрация сухих веществ 4–5 %;
- рН 4,5–5,0;
- добавление диаммоний фосфата 0,3 %;
- добавление ортофосфорной кислоты 0,2 %;
- добавление карбамида 0,1 %.

Сусло стерилизуют в автоклаве под давлением 0,05 МПа в течение 30 минут. Меласное сусло также используется в малом АЧК. Дальнейшее размножение происходит уже на *питательной среде из барды*: концентрация сухих веществ – 5 %, рН 4,5–5,0, диаммоний фосфат – 0,3 %.

Дальнейшее размножение дрожжей происходит в дрожжанке, затем в дрожжегенераторе объемом 10 м. *Состав питательной среды*: концентрация – 6,8–7,2 % СВ, рН 4,0–4,5 (в дрожжанке); 3,5–3,8 (в дрожжегенераторе).

В табл. 17 отображены показатели размножения дрожжей на разных стадиях.

Таблица 17 – Показатели размножения дрожжей на разных стадиях

Показатели	Колбы на качалках	АЧК	Дрожжанка	Дрожжегенератор
Объем (м): аппаратов среды	0,0007 0,0005	0,63 и 6,3 0,2 и 2,0	20–30 5 и 7	100 25–30
Концентрация среды (% СВ)	3–4	4–5	6,8–7,2	6,8–7,2
рН среды	4,8–5,0	4,5–5,0	4,0–4,5	3,5–3,8
Температура (°С)	33–35	33–35	33–35	33–35
Расход воздуха (м/ч на м)	5–10	15–20	40–50	55–60
Концентрация биомассы 75 % влажности (г/л)	10–15	15–25	25–30	32–33
Продолжительность выращивания (ч)	16–20	8–10	4–5	3,5–3,8
Способ культивирования	периодический	периодический	полупрерывный	непрерывный

2.7.2.2. Непрерывно-проточное выращивание

При непрерывно-проточном выращивании дрожжей питательная среда (кондиционированная барда) непрерывно и равномерно поступает в дрожжерастильный аппарат и такое же количество культуральной среды непрерывно и равномерно отбирается из него.

Условия непрерывно-проточного выращивания дрожжей:

- непрерывный и равномерный приток в дрожжерастильный аппарат свежей питательной среды;
- непрерывное и энергичное смешивание её с культуральной средой;
- непрерывная и интенсивная аэрация для обеспечения дрожжевых клеток растворимым кислородом.

Кислород, являющийся одним из компонентов среды, выполняет функции акцептора водорода окислительно-восстановительных реакций обмена веществ. Кислород слабо растворим в жидкой среде. С увеличением концентрации сухих веществ с 4 до 8 % его растворимость уменьшается с 5,1 до 4 мг/л.; с повышением температуры от 30 до 45 °С растворимость уменьшается с 6,5 до 3,0 мг/л.; с увеличением рН от 3,0 до 6,0 растворимость уменьшается с 5,25 до 4,55 мг/л.

Эти факторы предъявляют очень жёсткие требования к процессу аэрации для обеспечения дрожжевых клеток кислородом и равномерного их распределения в среде. Поэтому конструкция дрожжерастильных аппаратов должна обеспечивать интенсивную аэрацию и циркуляцию культуральной жидкости по всей высоте аппарата. Обязательным условием, обеспечивающим стабильные скорости размножения и высокий выход дрожжей, является поддержание постоянного уровня культуральной среды в аппарате.

2.7.2.3. Способы выращивания дрожжей

Дрожжи выращивают на меласной барде тремя способами: одностадийным, двухстадийным и с рециркуляцией (возвратом) оттоков от сепарации.

Одностадийное выращивание. По одностадийному способу, питательная среда используется в дрожжерастильном процессе однократно. Сепарированная от биомассы культуральная жидкость (дрожжевая бражка) является отходом производства. При одностадийном способе используются только легкоусваиваемые вещества барды (сахара, аминокислоты, карбоновые кислоты), а трудноусваиваемые вещества (пирролидоновая кислота, пептиды, липиды) ассимилируются дрожжами частично или остаются неиспользованными. При одностадийном способе выращивания не достигается ожидаемого выхода дрожжей – недостаток этого способа.

Двухстадийное выращивание. По этому способу дрожжи выращивают на питательной среде дважды. Образовавшуюся в первой стадии биомассу выделяют на сепараторах и на оттоке повторно выращивают дрожжи другой

культуры, чем и достигается более полное использование углеродсодержащих веществ барды и увеличение выхода биомассы.

По этому способу в первой стадии выращивают дрожжи *Candida utilis* (штамм Л-35) и *Torulopsis pinus* (штамм Л-52), а во второй стадии – *Trichosporon cutaneum* (штамм Л-52), глубоко использующий трудно усваиваемые вещества, оставшиеся после первой стадии.

Отделённую от культуральной среды биомассу присоединяют к биомассе от первой стадии, совместно концентрируют и после термоллиза высушивают. Оптимальную температуру во второй стадии выращивания регулируют добавлением 5–10 % свежей горячей барды, либо подогревают оттоки путём промывания дрожжей водой температурой 40–50 °С.

Режим выращивания в первой стадии.

Питательная среда:

- концентрация СВ 6,8–7,2 %;
- рН 4,0–4,2;
- расход воздуха на аэрацию 55–60 м/ч;
- продолжительность пребывания в аппарате 7 часов;
- температура среды 33–35 °С (регулируют наружным орошением дрожжерастильного аппарата).

Режим выращивания во второй стадии.

Во второй стадии дрожжи выращивают на оттоке, то есть на отделённой от биомассы культуральной жидкости от первой стадии.

Питательная среда:

- концентрация 5,2–5,5 %;
- рН 4,0–4,5;
- температура 32–33 °С;
- продолжительность пребывания среды в аппарате 6,5–7 часов.

Для поддержания оптимальной температуры выращивания и повышения активности дрожжей в дрожжерастильный аппарат добавляют 5–10 % послеспиртовой барды и фосфорное питание. Температуру среды регулируют подачей тёплых оттоков (35–40 °С), получаемых промывкой дрожжевой суспензии тёплой водой (40–50 °С).

Выращивание с рециркуляцией оттоков. По этому способу сепарированную культуральную жидкость (отток) подкисляют соляной кислотой до рН 1,8–2,2 (или серной кислотой до рН 3,3–3,5), выдерживают 1,5–2,0 часа для подавления инфекции и подают в количестве 70–80 % от исходной барды в дрожжерастильные аппараты на повторное выращивание. Концентрация питательных веществ среды, поступающей в аппарат, на столько же процентов снижается. Соответственно уменьшается и численность дрожжевых клеток в единице объёма среды и ослабляется лимитирующее влияние кислорода на их размножение, а также уменьшается продолжительность пребывания среды в аппарате. Уменьшение концентрации питательных веществ в куль-

туральной среде оттоками, возвращаемыми в аппарат, ускоряет размножение дрожжей, что весьма существенно. По этому способу можно перерабатывать неразбавленную барду (8–9 % и даже 10–12 % СВ), прибавляя к ней оттоки в таком количестве, чтобы содержимое усваиваемых дрожжами веществ в питательной среде не превышало 2,5 %, т.е. соответствовало бы разрешающей способности применяемых дрожжерастильных аппаратов. Выращивание дрожжей на концентрированной среде помимо увеличения производительности позволяет повысить содержание СВ в последующей барде и тем самым снизить расход пара на её упаривание. При разбавлении исходной барды оттоками, уменьшается концентрация ингибирующих веществ, что также положительно сказывается на процессе выращивания дрожжей. Ещё одно преимущество этого способа – уменьшение количества сточных вод, так как не используется вода при разбавлении барды.

2.7.2.4. Регулирование процесса выращивания

Эффективность выращивания кормовых дрожжей определяется накоплением биомассы в пределах от 30 до 45 г/л, что зависит от качества барды, от соблюдения режима производства и правильной эксплуатации оборудования.

Причины уменьшения накопления биомассы:

- ухудшение условий жизнедеятельности дрожжей;
- удельная скорость размножения меньше скорости разбавления; в таких случаях необходимо срочно восстановить равенство скорости размножения и скорости разбавления, а также устранить все нарушения технологического процесса;
 - нормальное размножение на начальных стадиях нарушается при вынужденных перерывах в непрерывной подаче питательной среды и уменьшении аэрации.

Показателем нормального дрожжерастильного процесса является равномерное распределение дрожжей по высоте аппарата, что зависит от интенсивности аэрации и циркуляции в аппарате. При сбоях в аэрации в верхней части дрожжерастильного аппарата образуется пенная шапка, которая может переливаться через край аппарата. С этим явлением борются при помощи холодной воды и пеногасящей эмульсии.

2.7.2.5. Аппаратурное оформление процесса и интенсификация процесса

Для выращивания дрожжей используют различные варианты дрожжерастильной установки, состоящей из двух, трёх, четырёх дрожжерастильных аппаратов, дрожжегенератора и ёмкости для подкисления оттоков. При выращивании дрожжей по двухстадийному способу аппарат для подкисления используют в качестве второго дрожжегенератора для регулярного культиви-

рования дрожжей *Trichosporon cutaneum*, направляемых на вторую стадию выращивания. Производятся дрожжерастильные аппараты разных систем, но чаще всего используются аппараты конструкции УкрНИИСПа (см. рис. 25) с эрлифтной и рассредоточенной системой аэрации.

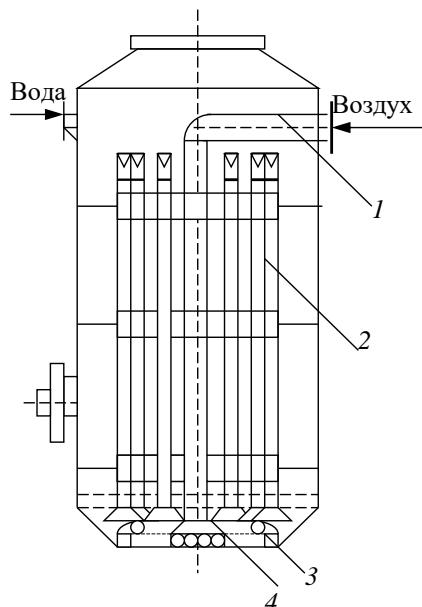


Рисунок 25 – Дрожжерастильный аппарат конструкции УкрНИИСПа:
1 – воздуховод; 2 – эрлифты; 3 – коллектор для воздуха;
4 – коллектор для питательной среды

Интенсификация процесса выращивания кормовых дрожжей. В настоящее время во всех отраслях промышленности микробного синтеза стремятся культивировать микроорганизмы на средах повышенной концентрации для уменьшения количества загрязнённых стоков. С этой целью разрабатывают аппараты, обладающие высокой массообменной способностью и производительностью.

Одновременно возникает необходимость культивирования дрожжей на концентрированных средах, содержащих 4–5 и даже 6–7 % источников углерода. В силу этого для сравнительно более полного использования усваиваемых источников углерода барды (карбоновых кислот, глицерина, аминокислот и пр.) необходимо продлевать время пребывания среды в аппарате до

8–10 часов, т.е. вести процесс с малой скоростью разбавления. И даже при замедленном процессе приходится разбавлять меласную барду с 8–9 % СВ до 6–7 %. На разбавленной барде, содержащей 1,5–2,0 % источников углерода, длительность выращивания все же велика – не менее 7–8 часов.

Учитывая эти недостатки и ограниченные возможности эрлифтных многоёмких аппаратов, был разработан двухстадийный метод выращивания дрожжей с пребыванием на первой и второй стадиях по 7–8 часов, но и в этом случае концентрация питательной среды не более 7,5 %. Кроме этого удлинённый срок выращивания усложняет технологию и нарастает инфекция, которая вредно влияет на культуру дрожжей.

Недостатком варианта с возвратом оттоков является дополнительный расход электроэнергии и потребностью в дополнительных сепараторах.

Скорость роста дрожжей может быть увеличена лишь путём повышения скорости растворения кислорода, что может быть достигнуто улучшением конструкции дрожжерастильных аппаратов и интенсификацией массообмена между жидкой и газовой фазами аэрируемой среды.

Наиболее близким по оптимально приведённой скорости воздуха (0,2–0,3 м/с) является трубчатый аппарат конструкции Гипробiosинтез (см. рис. 26).

Приёмы для предотвращения развития бактериальной инфекции.

1. Разбавлять барду перед выращиванием дрожжей лютерной водой, конденсатом от выпарных установок или оттоками от сепарации, подкислением до pH 1,8–2,2. Не применять для этих целей речную или прудовую воду. Лютерная вода – вода, выводящая из ректификационной колонны труднолетучие примеси спирта; имеет кислую среду.

2. Растворы питательных солей и пеногасители кипятить в течение 1 часа.

3. Тщательный микробиологический контроль за ходом технологического процесса. В случае инфицирования посевных дрожжей их дезинфицируют добавлением смеси раствора формалина и хлортетрациклина.

4. Тщательно мыть и дезинфицировать оборудование.

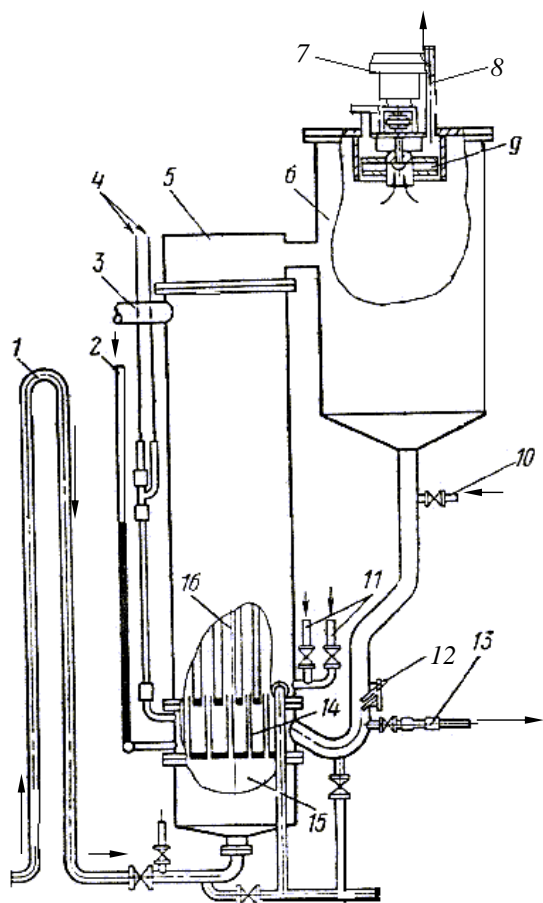


Рисунок 26 –Трубчатый аппарат конструкции Гипробиосинтез:

1 – воздуховод; 2 – показатель уровня со шкалой; 3 – штуцер для отвода воды; 4 – трубопроводы для барды и раствора питательной соли; 5 – пенная камера; 6 – корпус сепаратора газа; 7 – электродвигатель; 8 – труба для входа воздуха; 9 – гидродинамический диск пеногасителя; 10 – штуцер для кислоты, поступающей циркуляционный трубопровод; 11 – трубопроводы для холодной и горячей воды; 12 – штуцер для электродов рН-метра; 13 – трубопровод для отбора среды на сепаратор; 14 – камера для диспергирования воздуха форсунками; 15 – камера входа воздуха; 16 – трубчатый реактор

2.7.3. Выделение, сушка и гранулирование дрожжей

Выделение и промывка дрожжей. Культура из дрожжерастильных аппаратов выходит в пенно-жидкостном виде плотностью 0,25 г/см, на 2/3 состоящий из пены. Перед выделением дрожжей пену разрушают, так как она требует увеличенного объёма аппаратов, снижает производительность насосов и сепараторов, увеличивает потери дрожжей. Разрушение пены осуществляют механическими средствами и химическими.

Химические средства – ПАВ: гидрофузы, рыбий жир, соапсток, олеиновая кислота и др.

Механические средства – пеногасители различных конструкций.

На заводах, производящих дрожжи на меласной барде, выделение и промывку дрожжей осуществляют в основном на трёх группах сепараторов:

- 1 группа – получают суспензию 120–160 г/л; затем в сборнике разбавляют водой до концентрации 80–100 г/л;
- 2 группа – получают суспензию 250–300 г/л, затем повторно разбавляют водой до 150–200 г/л;
- 3 группа – суспензию сгущают до 450–500 г/л.

На заводах, перерабатывающих зерно-картофельную барду, дрожжи выделяют на двух группах сепараторов.

Термолиз дрожжей. Термолиз дрожжей заключается в тепловом разрушении дрожжевых клеток и сопутствующих им микроорганизмов.

Цель термолиза: биологическое обезвреживание дрожжей и бактерий, необходимое для лучшего усвоения их животными и предотвращения заболеваний; уменьшения вязкости суспензии, разрушения пены и выделения из суспензии воздуха и диоксида углерода.

Термолиз дрожжей осуществляют непрерывным способом в установке, состоящей из нагревателя и выдерживателя одинаковых размеров и общей вместимостью, рассчитанной на 45 минутное пребывание в них суспензии, при температуре 75 °С.

При термолизе происходит частичный ферментативный гидролиз белков и переход в раствор содержимого мёртвых клеток (углеводов), органических кислот и аминокислот, вследствие чего увеличивается кислотность суспензии.

Термолиз проводится в непрерывно-действующем двухсекционном аппарате конструкции УкрНИИСПа, состоящем из нагревателя и выдерживателя.

Сушка дрожжей. Термолизованную дрожжевую суспензию высушивают на распылительных или вальцовых сушилках.

Вальцовая сушилка состоит из двух рядом расположенных полых горизонтальных барабанов (вальцов), под каждым из которых расположено корыто, куда подаётся дрожжевая суспензия. Вальцы вращаются в противополож-

ных направлениях, внутри обогриваются насыщенным паром. Нижняя часть вальцев смачивается в дрожжевой суспензии и за один оборот высушиваются до влажности 10 %.

Распылительная сушилка состоит из цилиндроконической сушильной камеры, внутри которой в верхней части установлен распыляющий механизм. Распылённая дрожжевая суспензия высушивается в течение нескольких секунд. Дрожжи нагреваются до температуры не выше 90 °С, что обеспечивает высокое качество дрожжей.

Гранулирование дрожжей. Кормовые дрожжи содержат от 10 до 25 % сухих веществ меласной барды, в состав которой входят меланоидиновые вещества и гуминовые соединения, бетаин и хлористые соли калия, натрия и кальция, обладающие гигроскопичностью. Поэтому высушенные дрожжи быстро увлажняются, комкуются и слеживаются при хранении в крафт-мешках.

Указанные затруднения и недостатки устраняются при гранулировании свежесушенными дрожжами, вследствие чего уменьшается их удельная поверхность, снижается гигроскопичность и тем самым улучшаются условия хранения и транспортирования.

В процессе гранулирования сыпучий мелкодисперсный порошкообразный материал превращается в гранулы определённых геометрических размеров с заданными физическими свойствами. Это достигается механическим воздействием, которое вызывает деформацию вещества, изменение взаимного расположения мелкодисперсных частиц и расстояний между ними. Гранулирование производят при помощи пресса-гранулятора и охладительно-сортировочной машины.

Экономическая эффективность гранулирования дрожжей достигается за счёт сокращения численности рабочих; уменьшения потерь дрожжей на 0,5 % от распыления и просыпания их при упаковке, погрузке и разгрузке мешков; уменьшения складских помещений.

2.7.4. Химико-технологический и микробиологический контроль производства кормовых дрожжей

В таблицах 17 и 18 даны схемы химико-технологического и микробиологического контроля производства кормовых дрожжей.

Таблица 17 – Химико-технологический контроль производства кормовых дрожжей

Объект контроля	Контролируемые показатели	Методы анализа	Периодичность контроля
1	2	3	4
Барда послеспиртовая	1. Расход 2. Температура 3. pH 4. Концентрация СВ 5. Соли кальция (CaO) 6. Нитраты (NO ₃) 7. Дисульфид серы 8. Нитриты	Объёмный Визуальный и автоматический Потенциометрический Ареометрический Комплексонометрический Колориметрический Йодометрический Колориметрический	Непрерыв.-автомат То же 2 раза в смену То же Периодически То же То же То же
Раствор питательных солей	1. Расход 2. Концентрация СВ 3. Азот 4. Фосфорный ангидрид	Ротаметр Ареометрический Объёмный Колориметрический	Из мерника дозатора непрерывно или 1 раз в смену
Сусло меласное для чистой культуры дрожжей	1. Температура 2. pH 3. Концентрация СВ	Термометр Потенциометрически Ареометрически	В АЧК при разводке в каждой стадии
Кондиционированная барда с солями, поступающая на выращивание	1. Расход 2. pH 3. Температура 4. Концентрация СВ	Объёмный Потенциометрически Термометр Ареометрический	Непрерывно, 1–2 раза в смену
Чистая культура дрожжей	1. Температура 2. pH 3. Концентрация фильтрата, % СВ 4. Биомасса (АСД)	Термометром Потенциометрически Ареометрический Весовой	АЧК, дрожжанка, дрожжегенератор 4 раза в смену
Культуральная среда	1. Температура 2. pH 3. Концентрация фильтрата, СВ 4. Биомасса (АСД) 5. Содержание г/100 мл: ▪ аминного азота ▪ фосфорного ангидрида	Визуальный Потенциометрический Ареометрический Весовой Химический Колориметрический	Дрожжерастильные аппараты, 4 раза в смену
Последрожжевая барда	1. Концентрация фильтрата 2. Потери дрожжей	Ареометрический Микроскопический	Сепараторы 1 и 2 группы 4 раза в смену

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4
Дрожжевая суспензия	1. Биомасса дрожжей	Весовой	Сепараторы 3 группы 4 раза в смену
Термолизованная суспензия	1. Биомасса дрожжей (не фильтруемая)	Ареометрический	Термолизатор 2 раза в смену
Дрожжи сухие	1. Внешний вид 2. Цвет 3. Вкус и запах 4. Влажность 5. Протеин 6. Зола 7. Содержание металломагнитных примесей 8. Содержание хлоридов	Визуальный; То же Органолептический Весовой Объёмный Весовой Весовой Химический – ГОСТ 13496, 1–74	Упаковочное отделение – средняя проба отгружаемых дрожжей

Таблица 18 – Микробиологический контроль производства кормовых дрожжей

Объект контроля	Место отбора проб	Контролируемые показатели	Периодичность контроля
1	2	3	4
Пробирка с исходной культурой	Пробирка	1. Наличие посторонних микроорганизмов	За 5–7 дней до размножения
Колбы на качалке	Колба или лабораторный аппарат	1. Определение биомассы и микроскопирование	За 12–24 часа перед высевом в АЧК
АЧК, объёмом 0,5–0,63 м³	Стерильное мелассное сусло	1. Определение биомассы и микроскопирование	За 12–16 часов перед высевом в АЧК
АЧК, объёмом 5,0–6,3 м³	Барда кондиционированная	То же	За 10–12 часов перед высевом в дрожжегенератор
Дрожжегенератор	Барда кондиционированная	1. Определение биомассы 2. Микроскопирование 3. Чистота культуры	За 4–5 часов до засева дрожжерастильного аппарата
Дрожжерастильный аппарат	Культуральная жидкость	1. Актив. почкования 2. Наличие мёртвых клеток 3. Характер роста 4. Бактер. инфекция	Ежесменно

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4
Деэмульгатор	Пробы дрожжевой бражки из деэмульгатора и оттоков из сепараторов	Определение биомассы до и после деэмульгирования	Раз в неделю
Термолизатор и сушилка	Пробы термолизата и сухих дрожжей	Наличие жизнеспособных клеток и бактерий	Ежесменно
Сборник стерилизатор барды	Проба барды и сборника	Определение ожидаемого выхода дрожжей	2 раза в месяц
Санитарный контроль производства	Пробы воды, воздуха, мазки и соскобы из трубопроводов, крышек аппаратов, сборников, деэмульгаторов, лотков, полов, стен	Бактериальная, грибковая, дрожжевая микрофлора	Раз в неделю

Контрольные вопросы*Технология производства солода*

1. Сырье для производства солода.
2. Химический состав ячменя.
3. Оценка качества ячменя.
4. Основные этапы производства солода.
5. Проращивание ячменя, цель проращивания.
6. Сушка солода, цель сушки.
7. Качественная оценка солода.

Производство пива

1. Вода. Как сырье для пивоварения.
2. Хмель и продукты его переработки, как сырье для пивоварения.
3. Основные этапы приготовления пивного сусла.
4. Влияние pH на ход ферментативных процессов.
5. Способы затирания и основные температурные паузы.
6. Фильтрация затора, его цель, стадии фильтрования.
7. Основное оборудование, применяемое при фильтровании затора.
8. Кипячение сусла с хмелем и процессы, происходящие при кипячении.
9. Аэрация сусла.
10. Что такое брожение, дыхание?
11. Что собой представляют дрожжи, химический состав дрожжевой клетки?

12. В чем заключается метаболизм углеводов?
13. В чем заключается метаболизм азотистых веществ?
14. В чем заключается метаболизм минеральных веществ?
15. Особенности размножения дрожжей в пивоварении.
16. Главное брожение, процессы, происходящие при главном брожении, продукты которые образуются при брожении.
17. Дображивание пива, процессы, происходящие при дображивании.
18. Фильтрование пива. Цель фильтрования.
19. Фильтрующие материалы.
20. Виды фильтров для пива.
21. Роль кислорода при фильтровании.
22. Карбонизация пива.
23. Стабилизация пива.
24. Виды посуды для разлива пива.
25. Технологические требования к разливу пива.
26. Пастеризация. Виды пастеризации.
27. Эtiquетирование и упаковка.
28. Приёмы, позволяющие исключить попадание кислорода в пиво.
29. Химический состав и питательная ценность пива.
30. Вкус пива и его недостатки.
31. Виды биологических помутнений.
32. Виды коллоидных помутнений.

Технология производства кваса

1. Характеристика напитков на хлебном сырье.
2. Основные стадии производства хлебного кваса методом брожения.
3. Приготовление квасного сусла.
4. Сбраживание квасного сусла. Основные виды бродильных аппаратов.
5. Приготовление смешанной закваски дрожжей и молочнокислых бактерий.
6. Разведение прессованных хлебопекарных дрожжей.
7. Купажирование хлебного кваса.
8. Разлив и хранение кваса.
9. Что такое стойкость кваса и методы её увеличения?

Технология производства этилового спирта

1. Сырье для получения этилового спирта.
2. Методы получения этилового спирта.
3. Основные стадии получения этилового спирта биохимическим методом.
4. Химический состав картофеля.

5. Химический состав зерна.
6. Подготовка зернокартофельного сырья к переработке.
7. Основная задача водно-тепловой обработки зернокартофельного сырья.
8. Превращение сахаров при разваривании.
9. Превращение крахмала при разваривании.
10. Превращение азотистых веществ при разваривании.
11. Превращение целлюлозы, геммицеллюлоз и пектиновых веществ при разваривании.
12. Способы разваривания зернокартофельного сырья.
13. Осахаривание разваренной массы.
14. Способы непрерывного осажаривания.
15. Осахаривающие материалы.
16. Характеристика спиртовых дрожжей.
17. Микроорганизмы – вредители спиртового производства.
18. Что такое естественно чистая культура?
19. Способы культивирования дрожжей.
20. Что такое бражка?
21. Что такое крепость?
22. Что такое видимая плотность?
23. Какие существуют способы брожения?

Технология производства вина

1. Как классифицируются виноградные вина?
2. Основные стадии виноделия.
3. Сырье для получения виноградного вина.
4. Что такое брожение вина? Какие продукты образуются в процессе брожения вина?
5. Особенности дрожжей, применяемых в виноделии.
6. Стадии брожения. Виды брожения.
7. Обработка вина. Какие операции входят в обработку вина?
8. Особенности приготовления красных столовых вин.
9. Характеристика крепких и десертных вин.
10. Особенности производства крепких и десертных вин.
11. Что такое портвейнизация?
12. Что такое мадеризация?
13. Особенности производства “Хереса”.
14. Особенности технологии получения виноматериалов, предназначенных для шампанизации.
15. Методы шампанизации.
16. Что такое ассамблирование?
17. Что такое купажирование?

18. Что такое тиражная смесь?
19. Что такое тиражный ликёр?
20. Что такое экспедиционный ликёр?
21. Какие требования предъявляются к дрожжам при приготовлении шампанского?
22. Шампанизация вина бутылочным способом.
23. Шампанизация вина резервуарным способом (периодический, непрерывный).
24. Классификация плодово-ягодных вин.
25. Получение сула для плодово-ягодных вин и приготовление его к брожению.
26. Особенности брожения плодово-ягодных вин.
27. Особенности дображивания и хранения плодово-ягодного вина.

Производство хлебопекарных дрожжей

1. Применение хлебопекарных дрожжей.
2. Основные стадии производства хлебопекарных дрожжей.
3. Сырье, применяемое для производства хлебопекарных дрожжей.
4. Основные этапы приготовления питательной среды.
5. Способы приготовления мелассного сула.
6. Приготовление растворов питательных солей и кукурузного экстракта.
7. Факторы влияющие на размножение и скорость накопления биомассы.
8. Основные стадии разведения посевных дрожжей.
9. Выращивание товарных дрожжей.
10. Дозревание дрожжей.
11. Выделение дрожжей из жидкой среды.
12. Причины и режимы сушки дрожжей.
13. Особенности производства хлебопекарных дрожжей на спирт-заводах.

Производство кормовых дрожжей

1. Применение кормовых дрожжей.
2. Сырье, используемое для производства кормовых дрожжей, его химический состав.
3. В чем заключается кондиционирование барды?
4. Приготовление растворов питательных солей, кислот и пеногасящих эмульсий.
5. Смешивание компонентов питательной среды.
6. Виды дрожжей, применяемые при производстве кормовых дрожжей.
7. Разведение чистой культуры дрожжей.

8. Характеристика питательной среды для размножения дрожжей в колбах и малом аппарате чистой культуры (АЧК).
9. Характеристика питательной среды для размножения дрожжей в дрожжанке и в дрожжегенераторах.
10. Условия размножения дрожжей.
11. Условия непрерывно-проточного выращивания дрожжей.
12. Способы выращивания дрожжей.
13. Характеристика одностадийного выращивания дрожжей.
14. Характеристика двухстадийного выращивания дрожжей.
15. Характеристика выращивания с рециркуляцией оттоков.
16. Регулирование процесса выращивания дрожжей.
17. Аппараты, используемые для выращивания дрожжей.
18. Основные приёмы для предотвращения развития бактериальной инфекции.
19. Выделение и промывка дрожжей.
20. Термолиз дрожжей.
21. Сушка дрожжей.
22. Гранулирование дрожжей.

Раздел 3. МОЙКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БРОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Производственная санитария, мойка и дезинфекция на предприятиях бродильной промышленности является очень важной составляющей технологического процесса. Постоянное поддержание в чистоте всех производственных цехов и помещений, ёмкостей и трубопроводов, технологического оборудования, регулярное и полное удаление всех возможных загрязнений – это неперемное условие работы всех производственных цехов и участков.

3.1. Основные определения

Дезинфекция – это разрушение микроорганизмов (как правило, не спор бактерий). Не требуется уничтожение всех микроорганизмов – достаточно уменьшить их количество до уровня безопасного для здоровья человека и не влияющего на качество продукции. Химикаты, используемые для дезинфекции, называются *дезинфектантами*.

Санитарная обработка – термин, использующийся в основном в пищевой промышленности и системе общественного питания для обозначения процесса мойки и дезинфекции оборудования.

CIP (Cleaning In Place) – безразборная мойка, иногда автоматизированная.

Физическая чистота – чистота при визуальном осмотре.

Химическая чистота – такая чистота, когда при контакте с вымытой поверхностью продукт не загрязняется “контаминантами”.

Контаминанты – микроорганизмы-вредители производимого продукта (от латинского *contamino* – портить).

Микробиологическая чистота – отсутствие физических и микробиологических загрязнений.

Загрязнение – любое вещество, находящееся в ненадлежащем месте.

3.2. Материалы, используемые в пищевой промышленности

Алюминий. Восприимчив к щелочным средствам и быстро разрушается; в щелочной среде появляются очаги разедания, образуются очаги загрязнения, и стенки ёмкостей разрушаются. Алюминий чувствителен к сильным концентрированным кислотам и при их использовании быстро разрушается. Алюминий очень мягок и восприимчив к воздействию вакуума.

Нержавеющая сталь. В отличие от чёрной (ржавеющей) стали, нержавеющая сталь является легированной с добавкой хрома, никеля, молибдена и других материалов, защищающих от коррозии (окисления) и делающих её устойчивой к внешнему воздействию. Хромоникелевая сталь неустойчива против хлорсодержащих моющих и дезинфицирующих средств.

Шланги и уплотнения. Большинство шлангов изготавливаются из резины. Резиновые шланги представляют определённую инфекционную опасность, так как по внешнему виду нельзя судить о его внутреннем состоянии. Резиновые шланги можно промывать только слабощелочным раствором. Окисляющие кислоты ускоряют старение резины. Такими же проблемами обладают и резиновые уплотнения. Поскольку они входят в соприкосновение с продуктом, то должны быть микробиологически чистыми и не передавать в продукт вкусовые вещества.

Способы мойки. Различают следующие способы мойки:

- ручная мойка (с помощью ведра и швабры);
- мойка замачиванием (ванны для замачивания инвентаря и съёмных колец);
- струйная мойка под высоким давлением;
- пенная мойка с применением гелей;
- циркуляционная CIP-мойка (ёмкостей и трубопроводов) при помощи устройств высокого и низкого давления.

Большая часть оборудования пищевых предприятий представляет собой большие ёмкости и трубопроводы с ограниченным доступом. Поэтому в наше время актуально применение безразборной CIP-мойки и применяемых

устройств высокого и низкого давления. Мойка трубопроводов осуществляется путём подачи в трубы моющего раствора. Для достижения наилучших результатов необходимо обеспечить движение моющего раствора по системе со скоростью 1,2–2,1 м/с. Существует три основных типа систем CIP:

- системы без повторного использования моющих средств;
- системы с частичным возвратом моющего средства;
- системы с полным возвратом моющих средств.

В любом случае цикл мойки включает в себя предварительную промывку (ополаскивание), предназначенную для удаления основных крупных загрязнений, и рециркуляцию моющего раствора для мойки ёмкостей и трубопроводов. После слива в канализацию или сбора для повторного использования моющего средства ёмкость промывается чистой водой (к воде может быть добавлен дезинфектант).

3.3. Моющие и дезинфицирующие средства

Моющие средства. Простейшим и беспроblemным моющим средством является вода.

Требования, предъявляемые к моющим растворам:

- хорошая растворимость в воде;
- хорошая моющая способность;
- эффективность действия при низких температурах;
- хорошая смачивающая способность;
- отсутствие пенообразования;
- хорошая смываемость;
- отсутствие коррозионной активности;
- простота обращения;
- невысокая стоимость.

В настоящее время моющие средства предлагаются в различных формах (порошок, паста, жидкость). Все выпускаемые моющие средства содержат два компонента:

- основное вещество (едкий натр или кислота);
- действующее вещество (стабилизаторы, растворители, детергенты)

По величине pH различают: щелочные, кислые и нейтральные моющие средства.

Щелочные моющие средства изготавливают преимущественно на основе 60–80 %-го едкого натрия с добавлением соды, метасиликата, полифосфатов, тринатрий фосфата, смачивающих веществ и ингибиторов.

Кислотные моющие средства содержат фосфорную, серную, азотную, глюконовую или лимонную кислоты, а также ингибиторы, добавляемые к основе.

ПАВ, также называемые *тензидами* – это водорастворимые, активно моющие средства для снижения поверхностного натяжения воды и для растворения загрязнений.

Дезинфицирующие средства. Этап дезинфекции служит залогом гарантированной чистоты и предотвращения повторного заражения. Дезинфекция не компенсирует некачественную мойку. Уровень чистоты обычно определяется для каждого отдельного участка и помощью отбора смывов или мазков с поверхности оборудования. В идеальном случае дезинфектант должен обладать следующими свойствами:

- совместимостью с другими химическими веществами;
- совместимостью с материалами оборудования;
- толерантностью к жёсткой воде;
- толерантностью к загрязнениям;
- низкой пенообразующей способностью или её отсутствием;
- безопасностью при использовании, не раздражающим воздействием на кожу;
- способностью к длительному хранению;
- не оказывать влияние на моющие головки и распылительные устройства;
- широким диапазоном антимикробной активности при низких температурах;
- экономичностью в использовании,
- слабым воздействием на окружающую среду.

Дезинфектанты подразделяют на окисляющие и неокисляющие.

Окисляющие дезинфектанты.

1. Галогены: хлор, йод, бром.

Обычно широко используются хлорсодержащие дезинфектанты. Недостатком является то, что хлор очень ядовит.

2. Соединения, высвобождающие кислород: надуксусная кислота ($\text{CH}_3\text{-C-OOH}$), перекись водорода.

Недостаток – некоторые бактерии и грибы проявляют к ним меньшую чувствительность.

Дезинфектанты неокисляющего действия.

1. Четвертичные аммонийные соединения (QAC).

На дезинфицирующие свойства влияет длина углеродной цепочки (обычно эффективна цепочка $\text{C}_8\text{-C}_{18}$). QAC являются хорошими дезинфектантами, образуют обильную пену, что не соответствует требованиям к СІР мойке. Соединения, образующие небольшое количество пены, обладают меньшей антимикробной активностью и труднорастворимы в воде. Главным образом они используются для отмачивания и ручной мойки.

2. Пар.

Очень эффективен для стерилизации оборудования, при уничтожении бактерий и вирусов.

Недостатки – дорог в производстве, опасен при использовании и позволяет некоторым типам загрязнений затвердеть, что затрудняет их удаление. Невозможно применение к материалам чувствительным к нагреванию.

3.4. Проведение мойки, дезинфекции и пенной обработки

На небольших производствах и при работе и небольшими установками в основном применяются ручные методы мойки и дезинфекции. В настоящее время на крупных предприятиях пищевой промышленности организованы специальные станции мойки и дезинфекции в СІР-режиме, то есть безразборной мойки.

Станция СІР включает в себя следующие ёмкости:

- один танк (накопительный) для свежей воды;
- один танк для оборотной воды;
- один танк для дезинфицирующего раствора;
- один танк для раствора кислоты;
- один танк для щелочного раствора;
- циркуляционный насос;
- станция нагрева.

Примерная последовательность операций при безразборной мойке.

1. Первичное ополаскивание водой 3–5 минут.
2. Мойка щелочным раствором в режиме циркуляции при концентрации 2 % и температуре 70 °С в течение 30–50 минут.
3. Промежуточное ополаскивание водой в течение 4–5 минут до исчезновения щелочной реакции.
4. Мойка 1–2 % -ым раствором азотной кислоты в течение 10–15 минут.

5. Промежуточное ополаскивание водой в течение 2–3 минут.
6. Промывка дезинфицирующим раствором в течение 15–20 минут.
7. Ополаскивание свежей водой.

Пенная обработка. Особым видом мойки является пенная обработка, применяемая чаще всего для наружной очистки ёмкостей и установок. С помощью пены можно избежать недостатков от других видов мойки. Например:

- струя, направленная под давлением 200 бар, попадает не только на очаг загрязнений, а и в шарикоподшипники, электроустройства и подвижные детали; вследствие этого туда попадает вода и стимулирует коррозию;
- с каплями разбрызгиваемой воды бактерии переносятся и обнаруживаются в других местах;
- моющие средства быстро стекают по вертикальным поверхностям и не оказывают должного воздействия.

Пена распределяется и постепенно заполняет углубления и выемки. Размокшие частицы грязи улавливаются пеной и затем могут быть легко смыты. При этом бактерии не распыляются в окружающем пространстве, а смываются вместе с пеной. Моющая пена образуется циркуляционным насосом с давлением 12–25 бар при помощи добавляемого воздуха. Пенная обработка хорошо себя зарекомендовала на практике.

Контрольные вопросы

1. Основные определения чистоты.
2. Характеристика материалов, используемых в пищевой промышленности.
3. Способы мойки.
4. Требования, предъявляемые к моющим растворам.
5. Характеристика щелочных моющих средств.
6. Характеристика кислотных моющих средств.
7. Требования к дезинфицирующим средствам.
8. Дезинфицирующие средства окисляющего действия.
9. Дезинфицирующие средства неокисляющего действия.
10. Безразборная мойка в системе SIP.
11. Пенная обработка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальцев П.М. Технология солода и пива. – М: Пищевая промышленность, 1964. – 858 с.
2. Домарецкий В. А. Технология солода и пива. – К: Инкос, 2004. – 430 с.
3. Тихомиров В. Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производства. – М: Колос, 1999. – 447 с.
4. Вольфганг Кунце. Технология солода и пива. С-Петербург: Профессия, 2001. – 911 с.
5. Нарцисс Л. Технология солода. – М: Пищевая промышленность, 1980.
6. Нарцисс Л. Пивоварение. – Т. 2. Технология производства суслу. – М: НПО Элевар, 2003.– 367 с.
7. Калунянц К. А. Химия солода и пива. – М: Колос, 1999.– 447 с.
8. Главачек Ф. и др. Технология солода и пива. – М: Пищепромиздат, 1957.
9. ДСТУ 3888-99. Пиво. Загальні технічні умови.
10. ДСТУ 4282-2004. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови.
11. ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технічні умови.
12. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.
13. Авакянц С. П. Биохимические основы технологии шампанского. – М: Пищевая промышленность, 1982.
14. Агабальянц Г. Г. Химико-технологический контроль производства Советского шампанского шампанских виноматериалов. – М: Пищепромиздат, 1954.– 384 с.
15. Агабальянц Г. Г. Избранные работы по технологии вина. – М: Пищевая промышленность, 1972.
16. Брусиловский С. А., Мельников А. И., Мерджаниан Н. А., Саришвили А. Г. Производство Советского шампанского непрерывным способом. – М: Пищевая промышленность, 1972.
17. Булгаков Н. И. Производственный и лабораторный контроль солодоращения и пивоварения. – М: Пищепромиздат, 1959. – 407 с.
18. Валуйко Г. Г. Виноградные вина. – М: Пищевая промышленность.

19. Дробоглов Н. И., Иктович Т. А. Микробиологический контроль производства и приготовление дрожжевых разводок. – М: Пищепромиздат, 1934. – 310 с.

20. Дробонлов Е. С., Вейелторд И. П. Производство Советского шампанского. – М: Агопромиздат, 1987.– 248 с.

21. Ермолаева Г. А., Колчева Р. А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. – М: ИРПО, 2001. – 413 с.

22. Забродский А. Г. Технология и контроль производства кормовых дрожжей на меласной барде. – М: Пищевая промышленность, 1980. – 272 с.

23. Зайчик Ц. Р. Оборудование предприятий винодельческого производства.– М: Агропромиздат, 1992. – 384 с.

24. Косминский Г. И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков.– Минск: Дизайн ПРО, 2001. – 351 с.

25. Мальцев П. М. Технология бродильных производств. – М: Пищевая промышленность, 1980.– 559 с.

26. Манцева Е. С. Технические инструкции по производству и контролю качества Советского шампанского и шампанских виноматериалов.– М: Центипищепром, 1965.– 33 с.

27. Маринченко В. А., Смирнов В. А., Устинов Б. А. и др. Технология спирта.– М: Легкая и пищевая промышленность, 1981.– 415 с.

28. Метюшов Б. Д. и др. Технология спирта из мелассы. – К: Техника, 1975.

29. Микробиология пива / Под ред. Фергюса Дж. Пристли и Йена Кэмпбелла. – С-Петербург, 2005.– 368 с.

30. Плевако Е. А. Технология дрожжей. – М: Пищевая промышленность.

31. Попов К. С. Основы производства Советского шампанского и игристых вин.– М: Пищевая промышленность, 1972.

32. Рассихин В. В. и др. Биотехнология: из прошлого в будущее. – Мн.: Тонпик, 2005.– 240 .

33. Родокулов А. П. Биохимия виноделия. – М: Пищевая промышленность, 1972.

34. Рухлядева А. П. Технохимический контроль спиртового производства. – М: Пищевая промышленность, 1974. – 355 с.

35. Стабников В. Н. Общая технология пищевых продуктов. – К: Вища школа, 1980. – 304 с.

36. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности / Под ред. Попова В. И.– М: Пищепромиздат, 1961. – 447 с.

37. Химико-технологический контроль производства солода и пива / Под ред. Мальцева П.М. – М: Пищевая промышленность, 1981. – 447 с.

Навчальне видання

КЛЕЩЕВ Микола Федосович
БЕНЬКО Марія Петрівна

ЗАГАЛЬНА ПРОМИСЛОВА БІОТЕХНОЛОГІЯ:

ТЕХНОЛОГІЯ БРОДИЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ

Навчальний посібник

Російською мовою

Роботу до видання рекомендував *Є. О. Скрипник*

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка *Л. В. Северіна*

План 2007 р., п. 69/150-07

Підп. до друку 05.11.07. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Папір офісний. Riso-друк.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 11,5. Обл. – вид. арк. 13,1. Наклад 100 прим.
Зам. № 350. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП».
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ «ХП». 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21