

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Т.Ф. Киселева

**Технология отрасли
ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА**

Учебное пособие

Для студентов вузов

Кемерово 2005

УДК 663.4 (075)
ББК 36.87я7
К44

Рецензенты:

М.А. Иголинская, начальник испытательной лаборатории
ФГУ Кемеровский ЦСМ, канд. техн. наук;
Г.П. Лосенкова, зав. лабораторией
ОАО «Новокемеровский пивобезалкогольный завод»

*Рекомендовано редакционно-издательским советом
Кемеровского технологического института
пищевой промышленности*

Киселева Т.Ф.

К44 Технология отрасли. Технология солода : учебное пособие /
Т.Ф. Киселева; Кемеровский технологический институт пищевой про-
мышленности. - Кемерово, 2005. - 132 с.
ISBN 5-89289-380-4

Кратко рассмотрено основное сырье пивоваренного производства и техноло-
гия солода.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению 655600
«Производство продуктов из растительного сырья» специальности 270500 «Техноло-
гия бродильных производств и виноделие».

УДК 663.4 (075)
ББК 36.87я7

ISBN 5-89289-380-4

© КемТИПП, 2005
© Т.Ф. Киселева, 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Глава 1. Основное сырье для производства пива	5
1.1. Вода	5
1.2. Ячмень	19
1.3. Хмель	30
1.4. Несоложеное сырье	38
Глава 2. Технология солода	43
2.1. Очистка, сортирование и хранение ячменя	43
2.2. Замачивание ячменя	61
2.3. Проращивание ячменя	70
2.4. Сушка свежепроросшего солода	88
2.5. Обработка и хранение солода	97
Глава 3. Производство специальных солодов	103
Глава 4. Производство солодовых экстрактов	112
Глава 5. Производство ржаного солода	117
Глава 6. Отходы солодовенного производства	125
Библиографический список	129

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс «Технология отрасли» является одним из основных в блоке дисциплин по специальности 270500 «Технология бродильных производств и виноделие». Он предусматривает изучение технологии солода, пива, безалкогольных напитков. В данном учебном пособии представлена одна из частей дисциплины «Технология отрасли» - раздел «Технология солода».

Солод - основное сырье для производства пива, поэтому от его качества во многом зависит и качество готового напитка. Многообразие ассортимента пива во многом определяется типом используемого солода для его приготовления. Поэтому в пособии рассмотрены основные требования, предъявляемые к сырью, используемому в пивоваренной промышленности, процессы, протекающие при производстве ячменного, ржаного солода, специальных солодов, а также требования к качеству готовой продукции.

В результате изучения данного раздела студенты получают знания по ведению и управлению технологическими процессами технологии различных солодов с возможностью регулирования и корректирования параметров отдельных стадий их производства.

Глава 1. ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

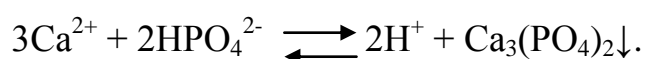
1.1. ВОДА

1. Солевой состав воды и его влияние на технологический процесс производства солода и пива
2. Требования к качеству воды для технологических целей
3. Способы подработки воды
4. Расход воды на технологические нужды
5. Характеристика сточных вод пивоваренного и безалкогольного производства

1. Солевой состав воды и его влияние на технологический процесс производства солода и пива

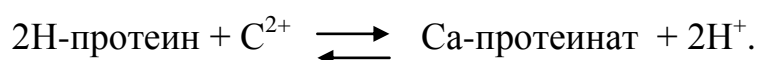
Вода - один из основных видов сырья в пивоваренном производстве. Ионы растворенных в воде солей, взаимодействуя с компонентами солода и пива, создают определенные значения pH среды, влияют на выход экстрактивных веществ зернового сырья, жизнедеятельность дрожжей, продолжительность процессов затирания, фильтрования, брожения. Поэтому качество воды существенно влияет на качество готового пива.

Ионы кальция стабилизируют α -амилазу, увеличивают ее активность, и как результат - повышается выход экстракта. Увеличение активности протеолитических ферментов приводит к увеличению содержания аминного азота в сусле, что благоприятно отражается на жизнедеятельности дрожжей. Также эти ионы способны сдвигать показатель pH в кислую сторону. Они взаимодействуют с вторичным фосфатом солода и переводят в осадок сильнощелочной третичный фосфат кальция, при этом освобождается ион водорода:



Подобная реакция протекает также между ионами магния и фосфатами. При охлаждении сусла третичный фосфат магния частично растворяется и становится снова вторичным фосфатом, поэтому значение pH горячего сусла ниже, чем холодного.

Подкисляющее действие ионов кальция и магния можно объяснить также взаимодействием с белковыми веществами или продуктами их распада, в результате чего высвобождаются ионы водорода:



Протеинат магния более диссоциирован, чем протеинат кальция, поэтому магний дает меньшую кислотность в реакции с белками по сравнению с кальцием.

Ионы кальция увеличивают коагуляцию белков при кипячении сусла с хмелем, снижают экстракцию танинов, которые придают пиву грубую горечь и

вяжущий вкус, снижают экстракцию кремния, что положительно отражается на коллоидной стойкости, осаждают оксалаты, снижают возможность появления оксалатного помутнения в пиве.

Оптимальная концентрация ионов кальция - 45-55 мг/дм³.

Ионы магния действуют аналогично ионам кальция, но слабее в 2 раза, входят в состав ферментов гликолиза, катализируют реакцию декарбоксилирования пировиноградной кислоты и образование ацетальдегида, поэтому необходимы как для брожения, так и для размножения дрожжей. При концентрации более 15 мг/дм³ придают горький привкус пиву. Соотношение ионов кальция и магния влияет на вкус пива, оптимальное соотношение должно быть 2:1-4:1.

Ионы калия стимулируют размножение дрожжей, входят в состав ферментных систем и рибосом.

Ионы железа в процессе замачивания зерна придают серую окраску, отрицательно влияют на процессы затираания (затрудняют процессы осахаривания, обуславливают плохое осветление сусла), вызывают потемнение дрожжей, помутнение и металлический привкус пива, ускоряют окислительные процессы и вызывают коллоидное помутнение. При концентрации более 0,2 мг/дм³ могут вызвать дегенерацию дрожжей. При концентрации более 0,5 мг/дм³ изменяется цвет пива, появляется коричневая пена.

Ионы марганца входят в виде кофактора в ферменты дрожжей, в предельных концентрациях (около 0,2 мг/дм³) вызывают изменение окраски солода и пива подобно ионам железа, но намного сильнее.

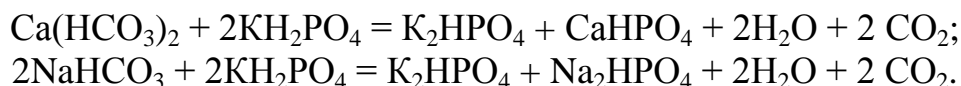
Ионы меди смягчают сернистый привкус у пива, при концентрации более 10 мг/дм³ токсичны для дрожжей, могут являться мутагенным фактором для них, отрицательно влияют на стабильность вкуса, вызывают помутнение пива, выступая катализатором окисления полифенолов.

Ионы цинка в концентрации 0,1-0,2 мг/дм³ стимулируют размножение дрожжей, при высоких концентрациях ингибируют активность α -амилазы.

Ионы натрия придают пиву кисло-соленый вкус, в соединениях с хлоридами создают лучший вкус пива, чем с сульфатами. При концентрациях 75-150 мг/дм³ снижают полноту вкуса. Даже при незначительных концентрациях этих ионов нельзя получить пиво с тонким вкусом.

Ионы хлора в оптимальной концентрации придают пиву бархатистый тон и сладковатый привкус, улучшают осветление и коллоидную стойкость пива. При концентрации около 300 мг/дм³ придают пиву дынный вкус и аромат, при концентрации более 500 мг/дм³ замедляют процесс брожения, снижают флокуляцию дрожжей.

Ионы HCO_3^- нейтрализуют положительное действие ионов кальция и магния, сдвигая рН среды в щелочную сторону в результате образования щелочных фосфатов:



Из образующихся щелочных фосфатов наиболее нежелателен для пивоварения вторичный фосфат натрия. Образование щелочных фосфатов приводит к снижению активности амилалитических, протеолитических ферментов, понижению выхода экстракта, затруднению фильтрования и повышению цветности суслу и пива. Концентрация ионов HCO_3^- не должна превышать 20 мг/дм^3 .

Ионы NO_3^- присутствуют как продукт окисления нитрат-ионов, наличие их свидетельствует о загрязнении воды продуктами гниения. В присутствии бактерий семейства *Enterobacteriaceae* восстанавливаются дрожжами в нитрит-ионы и обуславливают в пиве привкус фенола. Предельное содержание ($25\text{-}30 \text{ мг/дм}^3$) замедляет процесс брожения.

Ионы NO_2^- токсичны для дрожжей, при взаимодействии с полифенольными веществами придают пиву красноватый цвет.

Ионы SiO_3^{2-} при концентрации более 10 мг/дм^3 замедляют процесс брожения, ухудшают вкус пива, образуют комплексные нерастворимые соединения с ионами кальция и магния, это может явиться причиной помутнения.

Ионы SO_4^{2-} положительно влияют на гидролиз крахмала и белков, фильтрование затора, но придают пиву горький и терпкий привкус, что характерно для сильно охмеленных напитков. При концентрации более 400 мг/дм^3 придают пиву «сухой» вкус. Могут предшествовать образованию сернистых привкусов и запахов, связанных с жизнедеятельностью инфицирующих микроорганизмов и дрожжей.

Ионы тяжелых металлов (Hb^{2+} , Sn^{2+} , Tl^{2+}) являются ингибиторами ферментов.

2. Требования к качеству воды для технологических целей

Вода, используемая для производства пива, должна соответствовать требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества», предъявляемым к питьевой воде. Но, учитывая влияние солевого состава воды на протекание физико-химических и биохимических процессов при приготовлении пива, к ней предъявляются дополнительные требования, указанные в технологической инструкции по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков. Требования к воде приведены в таблице 1.

Основные ограничения для воды, используемой для затирания, касаются показателей рН, жесткости, соотношения ионов кальция и магния, которое для питьевой воды не регламентируется. В воде для пивоварения должно содержаться меньше ионов железа, кремния, меди, хлоридов, сульфатов. Не допускается содержание нитритов, которые являются ядом для дрожжей. Меньше в воде для пивоварения должны быть минеральные компоненты (сухой остаток) и окисляемость.

При оценке пригодности воды для пивоварения внесен такой показатель, как щелочность.

Требования к воде для производства пива

Показатели	Ед. изм.	СанПиН 2.1.4.1074-01	ЕЭС (макс. значения)	ТИ-10- 5031536-73-90
Органолептические показатели				
Запах при 20 °С и при подогревании до 60 °С	Баллы	2	Без запаха	0
Вкус и привкус при 20 °С	Баллы	2	-	0
Цветность	Градус	20	20	10
Мутность	Мг/дм ³	1,5	10	1,0
Химические показатели				
Величина рН	-	6-9	9,5	6,0-6,5
Сухой остаток	Мг/дм ³	1000	До 1500	500
Окисляемость	Мг О ₂ /дм ³	5	5	2
Щелочность	Мг-экв/дм ³	-	-	0,5-1,5
Общая жесткость	Мг-экв/дм ³	7	Min 60 мг/дм ³	2-4
Активный хлор	Мг/дм ³	0,3-0,5	0	-
Сероводород	Мг/дм ³	0,003	-	следы
Катионы				
Алюминий	Мг/дм ³	0,5	0,2	0,5
Аммиак	Мг/дм ³	-	0,5	следы
Барий	Мг/дм ³	0,1	0,1	-
Железо (сумма)	Мг/дм ³	0,3	0,2	0,1
Кадмий	Мг/дм ³	0,001	0,005	-
Калий	Мг/дм ³	-	12	-
Кальций	Мг-экв/дм ³	-	60 мг/дм ³	2-4
Кремний	Мг/дм ³	10	-	2
Магний	Мг/дм ³	-	50	следы
Марганец	Мг/дм ³	0,1	0,05	0,1
Медь	Мг/дм ³	1,0	0,1	0,5
Мышьяк	Мг/дм ³	0,05	0,05	-
Натрий	Мг/дм ³	200	150	-
Никель	Мг/дм ³	0,1	0,05	-
Ртуть	Мг/дм ³	0,0005	0,001	-
Свинец	Мг/дм ³	0,03	0,05	-
Селен	Мг/дм ³	0,01	0,01	-
Серебро	Мг/дм ³	0,05	0,01	-
Цинк	Мг/дм ³	5	0,1	5
Анионы				
Нитраты	Мг/дм ³	45	50	10
Нитриты	Мг/дм ³	0	0,1	0
Сульфаты	Мг/дм ³	500	200	100-150

Фосфаты	Мг/дм ³	3,5	5	-
Хлориды	Мг/дм ³	350	-	100-150
Фториды	Мг/дм ³	1,2-1,5	1,5	-
Цианиды	Мг/дм ³	0,035	0,05	-
Микробиологические показатели				
БГКП	Клеток/дм ³	0	-	3
ОМЧ	Число образующих колонии бактерий в 1 см ³	50	-	100

Кроме этого, воду характеризуют по показателю щелочности. Щелочность - способность воды связывать кислоты, она обусловлена количеством в воде ионов гидроксида OH^- и анионов слабых кислот CO_3^{2-} , HCO_3^- .

Отдельные ионы воды по-разному влияют на концентрацию ионов водорода в буферной системе при производстве солода и пива. Поэтому рН затора устанавливается в зависимости от соотношения ионов Ca^{2+} ; HCO_3^- ; CO_3^{2-} ; OH^- . Соотношение этих ионов назвали *пригодностью воды по щелочности* ($P_{щ}$).

$P_{щ} = \frac{Ж_{ca}}{Щ}$. Если $P_{щ} < 1$, то рН затора повышается, если $P_{щ} > 1$, рН пони-

жается. Поэтому считается, что если значение показателя «пригодность воды по щелочности» ≥ 1 , то такую воду не требуется дополнительно обрабатывать, она пригодна для технологических целей. Если вода не удовлетворяет требованиям, приведенным в таблице 1, то такая вода подвергается обработке.

3. Способы обработки воды

Выбор способа водоподготовки должен проводиться с учетом состава воды и ее назначения. Из воды для замачивания зерна необходимо удалить соли железа и марганца, а из воды, используемой для затирания, - гидрокарбонаты. Часто наибольший эффект наблюдается при использовании комбинированных схем водоподготовки, которые сочетают несколько способов обработки воды.

Если вода используется из артезианских скважин, то требуется осветление, фильтрование, обеззараживание. Все эти методы подробно описаны в учебном пособии «Общая технология отрасли» [11].

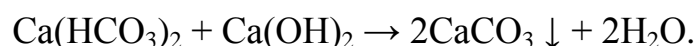
При использовании воды с повышенной жесткостью необходимо ее умягчение, которое рекомендуется при обработке как водопроводной воды, так и артезианской. Удаление карбонатной жесткости возможно с помощью декарбонизации: нагреванием; с использованием гашеной извести; методом ионообмена, электродиализом и обратным способом.

Декарбонизация нагревом. При нагревании воды до температуры 70-80 °С гидрокарбонат кальция превращается в нерастворимый карбонат кальция и осаждается на стенках емкости в виде накипи.

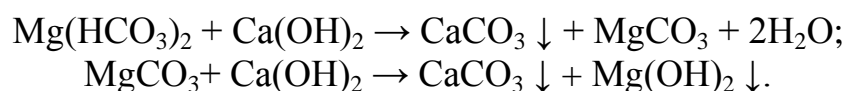


Для пивоварения данный способ практически не используется. Способ не рентабелен, т.к. вода после нагрева должна снова охладиться. Основное достоинство - способ не требует контроля.

Декарбонизация с использованием гашеной извести. При добавлении гашеной извести в виде известковой воды при взаимодействии с гидрокарбонатом образуется нерастворимый карбонат кальция:



Способ может применяться в одну или две стадии. Для удаления гидрокарбонатов кальция достаточна одна стадия. Удаление гидрокарбонатов магния производится в 2 стадии, т.к. образующийся на первой стадии монокарбонат магния (MgCO_3) является растворимой солью и только при повторной реакции его с гидроксидом кальция возможно осадить нерастворимые соединения в виде гидроксида магния и карбоната кальция:



Для полного удаления бикарбоната магния необходима двойная доза извести, поэтому способ эффективен только для обработки воды с высокой кальциевой и низкой магниевой жесткостью.

Схема двухступенчатой декарбонизационной установки приведена на рис. 1. В сатуратор (1) добавляется известковое молоко из смесителя (2), раствор перемешивается в реакторе (3) с необработанной водой. Шлам осаждается в конусной части и периодически удаляется, а умягчаемая вода проходит повторную обработку в емкости (4). В гравийном фильтре происходит полное удаление взвешенных частиц.

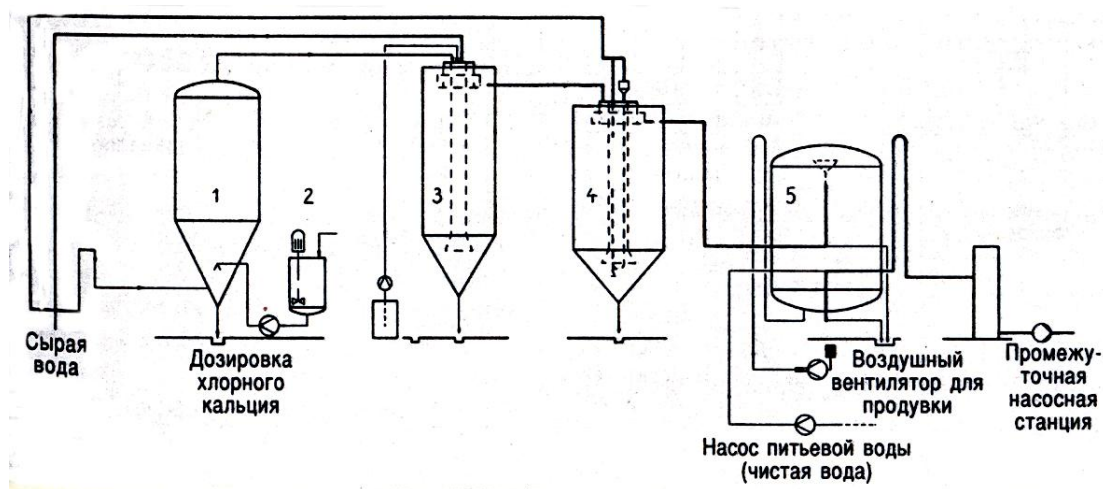


Рис. 1. Схема декарбонизационной установки с двухступенчатым осаждением:
1 - сатуратор известки; 2 - смеситель; 3 - реактор; 4 - емкость для облагораживания; 5 - гравийный фильтр

Преимуществом способа является простота, относительно невысокая стоимость химических реагентов, возможность удаления железа, марганца, а также других тяжелых металлов. Недостатком способа является неполное удаление магниевой жесткости, наличие шлама, необходимость его удаления и изменение дозировки при переменном качестве воды, точность дозирования извести, т.к. избыток сильно повышает щелочность. На 1 м^3 подготовленной воды образуется около 20 дм^3 щелочных сточных вод с содержанием твердых частиц 100 г/дм^3 .

Остающаяся жесткость обусловлена, в основном, карбонатом магния, это нежелательно, т.к. при взаимодействии с фосфатами солода образуется растворимый щелочной вторичный фосфат магния (MgHPO_4).

Ионообменный способ умягчения воды основан на применении ионитов (катионитов и анионитов). Катиониты используют для удаления катионов из воды, а аниониты - для удаления анионов. При умягчении воды с помощью катионитов (например, ионообменных смол КУ-1, КУ-2, КУ2-8) в воде накапливаются сульфаты, хлориды и гидрокарбонаты натрия, которые повышают щелочность воды. При жесткости воды до 7° и щелочности 6 см^3 раствора HCl концентрацией $0,1 \text{ моль/дм}^3$ на 100 см^3 воды наиболее подходит Na-катионитовый способ умягчения. Главный показатель качества катионитов - обменная емкость. Она выражается числом г-экв. катионов, поглощенных 1 м^3 набухшего катионита. Различают полную и рабочую обменную емкость. Полная емкость - максимально возможное насыщение катионита солями жесткости, рабочая - практическое насыщение, после которого резко падает степень умягчения воды. Рабочая емкость составляет 75-85 % полной емкости.

Установка для Na-катионирования (рис. 2) состоит из катионитового фильтра (3), солерастворителя (4) и сборников исходной (1) и умягченной (2) воды. Катионитовый фильтр представляет собой вертикальный цилиндрический корпус со сферической крышкой и сферическим днищем. На днище имеется дренажное устройство в виде горизонтальной трубы с находящимися на ней патрубками, на которые навинчены колпачки. Предназначено оно для равномерного сбора проходящей умягченной воды, воды, подводимой под слой катионита при его взрыхлении, а также для отвода раствора поваренной соли при регенерации. Сверху дренажного устройства насыпают 3 слоя кварцевого песка с разной величиной зерен (нижний слой 5-10 мм, средний - 2,5-5 мм, верхний - 1-2,5 мм) высотой 400 мм для предотвращения уноса катионита в дренажную систему. На кварцевый песок насыпают слой катионита высотой 1,5-2 м. Фильтр заполняют не полностью, только на 70 %.

Солерастворитель необходим для приготовления раствора поваренной соли. В нижней части аппарата имеется также дренажное устройство в виде коробки со щелями. Сверху дренажа находится 3 слоя кварцевого песка с разной величиной зерен (нижний слой 5-7 мм, средний - 2-3 мм, верхний - 1,5-2 мм) высотой 300-400 мм. Соль насыпают сверху кварцевого песка, выравнивают и подают воду температурой $50-60 \text{ }^\circ\text{C}$. Соль растворяется, раствор ее концентрацией 10 % фильтруется через слой кварцевого песка и выводится через дренажное устройство.

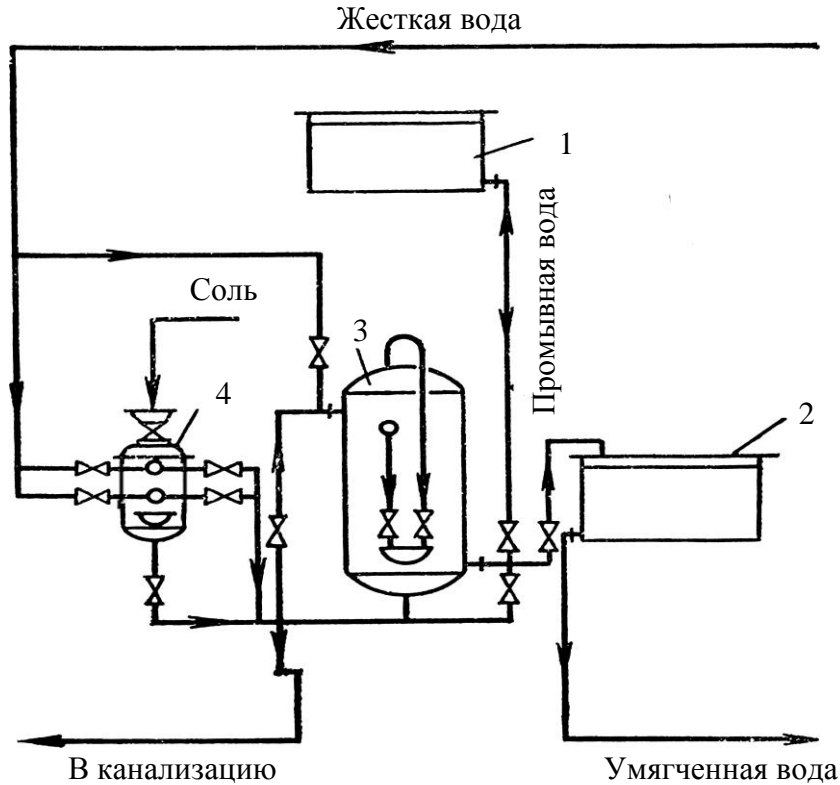


Рис. 2. Схема катионового умягчения воды:
 1 - напорный бак; 2 - сборник умягченной воды;
 3 - катионитовый фильтр; 4 - солерастворитель

Установка работает следующим образом. Вода поступает из напорного бака (1), фильтруется сверху вниз со скоростью 3-20 м³/час. В процессе прохождения воды через слой катионита происходят обменные реакции, в частности, обмен катионов натрия сульфогля на катионы, содержащиеся в воде (таким образом, удаляются катионы кальция и магния), и вода умягчается. Умягченная вода отводится из дренажной системы в емкость умягченной воды (2).

После прохождения определенного количества воды достигается степень насыщения, которая соответствует рабочей емкости катионита, проводят его регенерацию. Регенерация проводится 10 %-м раствором поваренной соли, который подается из солерастворителя в фильтр со скоростью 3-4 м³/час. После регенерации проводят отмывку катионита. Для этого пропускают умягченную воду со скоростью 4-5 м³/час до тех пор, пока вода не будет прозрачной, а ее жесткость не будет превышать 0,05-0,07°.

Для обессоливания воду пропускают через анионообменник, где удаляются анионы неорганических кислот, которые накапливаются после прохождения воды через катионообменник. В результате получают почти полностью обессоленную воду. Такая вода для производства пива не пригодна, т.к. в ней недостаточно ионов кальция, поэтому ее необходимо смешать с необработанной водой, либо добавить соли CaCl₂ или CaSO₄, либо пропустить через Ca-катионит.

Схема последовательного Н-Са-катионирования приведена на рис. 3. Вода умягчается на Н-катионитовом фильтре (1), смешивается в потоке с исходной водой для нейтрализации кислот, проходит через декарбонизатор (2) для удаления CO_2 , промежуточный сборник (3), насосом подается на Са-катионитовый фильтр (5) и в сборник обработанной воды (6).

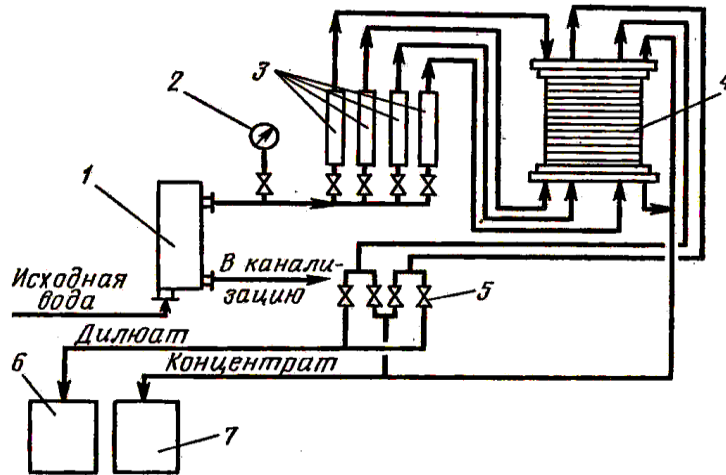


Рис. 3. Схема последовательного Н-Са-катионирования:
1 - Н-катионитовый фильтр; 2 - декарбонизатор; 3 - промежуточный сборник;
4 - насос; 5 - Са-катионитовый фильтр; 6 - сборник умягченной воды

Ионообменный способ целесообразно использовать при содержании солей до $1,5 \text{ г/дм}^3$, т.к. возрастает расход реагентов на регенерацию ионообменных смол. *Электродиализный способ* - обессоливание воды за счет разделения положительных и отрицательных ионов с помощью ионитовых мембран. Схема обработки воды с использованием электродиализа приведена на рис. 4.

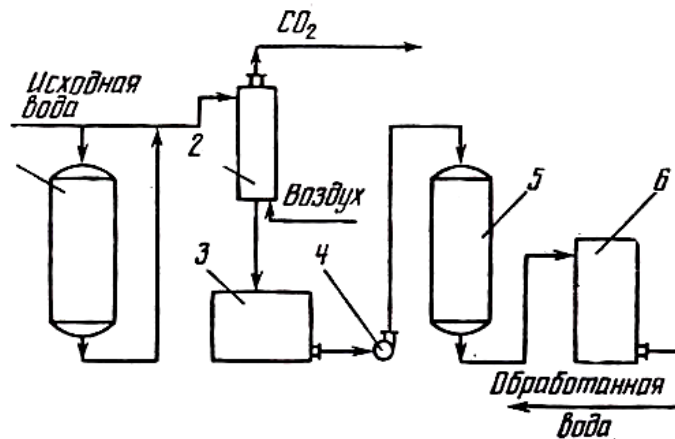


Рис. 4. Схема электродиализной обработки воды:
1 - фильтр предварительной очистки; 2 - манометр; 3 - ротаметры; 4 - электродиализный аппарат;
5 - вентили; 6 - сборник умягченной воды; 7 - сборник концентрата

Вода очищается на фильтре предварительной очистки (1). При помощи манометра (2) регулируется подача воды через ротаметры (3) в электродиализный аппарат (4). Аппарат имеет 2 электрода, между ними размещены электродные камеры для промывки электродов, камеры опреснения и концентрирования. Химический состав очищенной воды зависит от напряжения и давления исходной воды. Очищенная вода (дилуат) и техническая (концентрат) через вентили (5) собирается в соответствующих сборниках (6 и 7).

Схема процесса электродиализа приведена на рис. 5. Электродиализный аппарат разделен последовательно чередующимися анионитовыми и катионитовыми мембранами (3). При прохождении через систему постоянного тока соли воды диссоциируют на катионы и анионы. Катионы, двигаясь к катоду (1), проникают через катионитовые мембраны, но задерживаются анионитовыми.

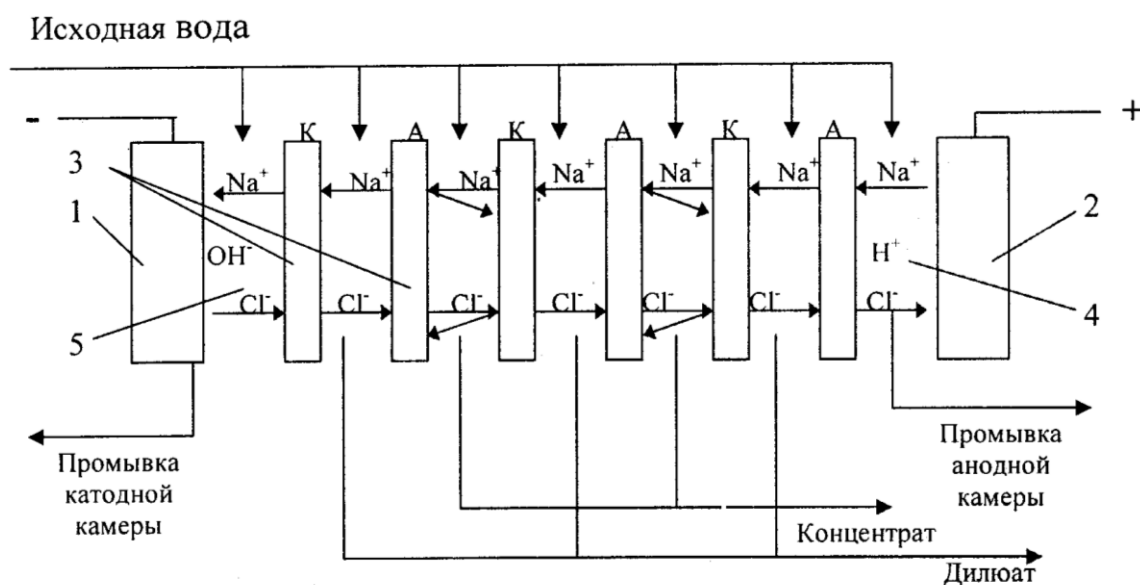


Рис. 5. Схема процесса электродиализа:

1 - катод; 2 - анод; 3 - мембраны (К-катионитовые, А-анионитовые);
4 - анодная камера; 5 - катодная камера

Анионы, двигаясь в направлении анода (2), проходят через анионитовые мембраны, но задерживаются катионитовыми. В результате образуются чередующиеся камеры: дилуат и концентрат. Вода от промывки электродов из электродных камер может использоваться повторно для очистки или для технических целей.

Применение способа позволяет снизить щелочность воды в 2-3 раза, жесткость в 2,5-3 раза, рН - на 0,5-1,5 единицы. В качестве недостатка можно отметить высокий расход электроэнергии и низкую механическую прочность мембран. Для повышения прочности мембран измельченный ионит смешивают с пленкообразующим инертным материалом (полиэтиленом, полистиролом, полипропиленом, поливинилхлоридом). Внутри мембраны вводят армирующий сетчатый материал (капрон, лавсан), который обладает эластичностью и растягивается при набухании мембраны. Такие мембраны имеют меньшую селек-

тивность, но более высокую механическую прочность. При использовании способа необходима предварительная очистка воды, т.к. из-за осаждения слаборастворимых солей (CaCO_3 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и др.) и засорения мембран коллоидными частицами снижается эффективность работы установок.

Обратноосмотический способ - фильтрование воды через полупроницаемые мембраны под давлением, превышающим осмотическое. Мембраны пропускают молекулы растворителя (воды), но задерживают молекулы или ионы растворенных веществ. Схема установки обратного осмоса приведена на рис. 6.

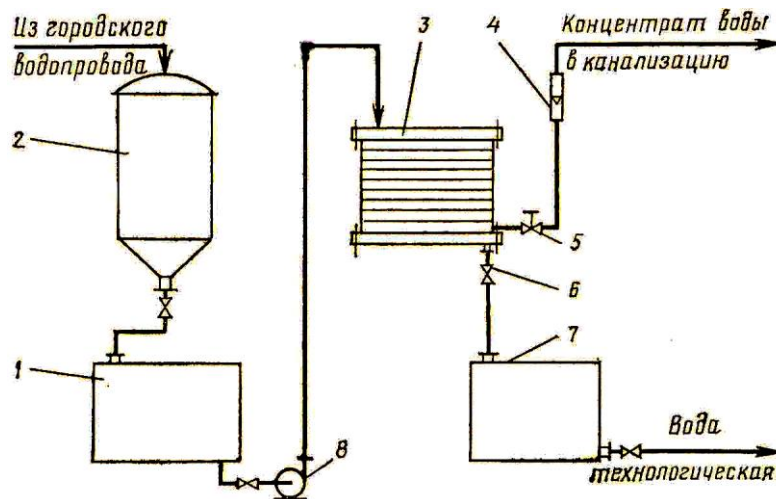


Рис. 6. Схема обратноосмотической установки для подготовки воды:
1 - сборник воды; 2 - фильтр предварительной очистки; 3 - мембраны; 4 - расходомер;
5, 6 - вентили; 7 - сборник исправленной воды; 8 - насос

Мембраны изготавливают из полимеров: пористого стекла, ацетилцеллюлозы, полиамида. Метод требует тщательной подготовки воды, т.к. из-за засорения мембран снижается их производительность. Для этого в установке предусмотрен фильтр предварительной очистки (2).

Деминерализация воды происходит в мембранном аппарате (3). Аппараты бывают 4-х типов, отличаются они формой фильтрующей поверхности: с плоскими фильтрующими элементами (типа фильтр-пресса); с трубчатыми фильтрующими элементами; рулонного типа и с полыми волокнами.

Этот способ дешевле, чем электродиализ. При частичном обессоливании воды способ экономичнее, чем ионообмен. К основным недостаткам способа можно отнести образование осадков на поверхности мембран и их невысокий срок службы, высокую стоимость. Способ перспективный и находит все более широкое применение в пивобезалкогольной промышленности.

4. Расход воды на технологические нужды

Вода на предприятии расходуется на технологические операции, на получение пара, на хозяйственные и бытовые нужды. Расход воды зависит от производительности завода и варьируется в широких пределах.

При производстве солода вода расходуется на промывку и замачивание ячменя, на кондиционирование воздуха, гидроподачу ячменя на замачивание и ращение, на мойку оборудования и помещений. Общий расход воды в солодовне определяется способом замачивания и проращивания и составляет от 15 до 22 м³/т ячменя.

При производстве пива потребление воды зависит от принятой технологической схемы, используемого оборудования, схемы водоснабжения и в среднем составляет 0,13-0,26 м³/дал пива.

В варочном отделении вода расходуется на затирание, промывание дробины при фильтровании затора, мойку оборудования и помещений. Общий расход воды в варочном отделении определяется способом затирания и составляет 8,0-9,5 м³/т зернопродуктов.

В бродильном отделении вода расходуется на охлаждение горячего сусла, мойку оборудования и помещений.

В отделении дображивания вода расходуется на мойку аппаратов дображивания, продуктовых коммуникаций, помещений.

В отделении розлива вода расходуется на мойку бутылок, кег, моечных и разливочных машин, сборников фильтрованного пива, пивопроводов и производственных помещений.

В холодильно-компрессорном отделении вода расходуется на охлаждение цилиндров аммиачных компрессоров, на конденсаторы и испарители как хладоноситель в виде охлажденной воды или рассола. Суточный расход воды принимается равным 1,0-1,5 дм³/дал готового пива.

Суточный расход воды *на паровые котлы* принимается равным суточному выпуску пива.

При производстве пива расходуется как **горячая**, так и **холодная вода**.

Горячая вода расходуется: на затирание, выщелачивание дробины, для заливки сит фильтрационного аппарата, для мойки суслопроводов и оборудования, бункеров, бутылок, пивовозов, кег, помещений.

Холодная вода расходуется: для гидравлического удаления дробины, охлаждения сусла до температуры 35 °С, промывки дрожжей, фильтрации пива, пастеризации, приготовления моющих и дезинфицирующих растворов, мойки бутылок, пивовозов, кег, оборудования.

На безалкогольных заводах потребление воды зависит от рецептуры, технологии и схемы водоснабжения. В среднем расход воды составляет 0,17-0,20 м³/дал напитка. Вода расходуется на приготовление сахарного и купажного сиропа, охлаждение сахарного сиропа, разведение ККС, колера, лимонной кислоты, на розлив, мойку оборудования и помещений, приготовление дезинфицирующих растворов.

5. Характеристика сточных вод пивоваренного и безалкогольного производства

Подведенная к технологическому оборудованию вода либо вводится в продукт, либо, пройдя технологический процесс, отводится от оборудования,

образуя сточные воды. Сточные воды подразделяются на условно-чистые (теплообменные) и производственно-загрязненные.

К **условно-чистым** водам относят: воду, используемую для промывки дробины, охлаждения суслу и пива.

К **производственно-загрязненным** водам относят: воду после мойки и замачивания зерна, после мойки технологического оборудования, промывки дрожжей, от бутылкомоечных машин.

Условно-чистые стоки повторно используются на технологические и хозяйственно-бытовые нужды. Так, вода после теплообменников может использоваться на выщелачивание дробины, охлаждение сахарного сиропа. Вода после охлаждения может использоваться для горячего водоснабжения и на хозяйственно-бытовые нужды.

Производственно-загрязненные воды после необходимой очистки сбрасываются в канализацию. Сточные воды от бутылкомоечных машин, содержащие щелочь в количестве около $0,35 \text{ мг/дм}^3$ и имеющие рН 13, перед сбросом в канализацию обязательно нейтрализуются.

Количество сточных вод солодовенных заводов составляет $10-15 \text{ м}^3/\text{т}$ солода. Количество сточных вод пивоваренных заводов составляет $74,5 \text{ м}^3$ на 1000 дал пива, в т.ч. подлежащих очистке - 71 м^3 на 1000 дал пива.

Характеристика сточных вод солодовенных, пивоваренных и безалкогольных заводов приведена в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика сточных вод

Наименование показателей	Производство		
	солода	пива	б/а напитков
Взвешенные вещества, мг/дм^3	100	600	200
рН	6,0	6,5-7,0	6,8
Окисляемость, мг/дм^3	500-700	1200-1500	200-500
БПК, мг/дм^3	300-500	700-1000	100-400

Сточные воды солодовенных заводов характеризуются большим количеством азота, фосфора и калия. Основным компонентом сточных вод пивоваренных заводов являются пивные дрожжи и продукты их разложения, содержащие углеводы и белковые вещества, поэтому они подвергаются гнилоственному разложению. Источники органических и взвешенных веществ безалкогольных заводов - остатки квасной гущи, остаточные дрожжи, загрязнения от мойки бутылок, бочек, цистерн.

Находящиеся в сточных водах антисептики подавляют не только постороннюю микрофлору, но и микроорганизмы, которые служат для биологической очистки сточных вод в естественных условиях. Поэтому сточные воды необходимо разбавлять промывными или другими водами.

Сточные воды могут очищаться на городских сооружениях, сбрасываться в водоем либо смешиваться со стоками других предприятий.

Сточные воды перед сбрасыванием в водоем должны удовлетворять следующим требованиям:

- не нарушать работу канализационных сетей;
- содержать не более 500 г/дм³ взвешенных и всплывающих веществ;
- не содержать горючих примесей;
- не содержать вредных веществ в количествах, препятствующих биологической очистке;
- иметь температуру не выше 40 °С.

Если сточные воды не удовлетворяют этим требованиям, то они подвергаются очистке. Условно-чистые воды очищаются путем охлаждения и дезинфекции. Условно-загрязненные воды подвергаются механической очистке (с использованием решет, сит, песколовушек, жироловушек, отстойников и т.д.), химической очистке (при помощи сульфатов железа, алюминия, извести и др.) и биологической очистке (поля фильтрации, поля орошения, биологические пруды, биофильтры, аэротенки и т.п.). Способы очистки сточных вод см. в учебном пособии «Общая технология отрасли» [11].

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к воде, используемой для производства солода и пива?
2. Какое влияние оказывает вода на изменение кислотности сусле и пива?
3. Какое влияние оказывают соли жесткости воды на технологический процесс производства солода и пива?
4. Какое влияние оказывает солевой состав воды на вкус пива?
5. Какое влияние оказывает солевой состав воды на коллоидную стойкость пива?
6. Какие существуют способы подработки воды из артезианских скважин?
7. Какие методы умягчения воды направлены на удаление временной жесткости?
8. В чем суть ионообменного метода умягчения воды?
9. Каким методом можно снизить щелочность воды?
10. В чем сущность электродиализного способа обессоливания воды?
11. Каковы преимущества и недостатки метода обратного осмоса?
12. На каких стадиях технологического процесса получения солода, пива и безалкогольных напитков расходуется горячая и холодная вода? Каков ее расход?
13. Как классифицируются сточные воды?
14. Охарактеризуйте состав сточных вод.
15. В каких случаях возможен сброс сточных вод в водоем?
16. Какие существуют методы очистки сточных вод?

1.2. ЯЧМЕНЬ

1. Ботаническая характеристика ячменя
2. Химический состав ячменя
3. Качество пивоваренного ячменя
4. Микрофлора ячменя

1. Ботаническая характеристика ячменя

Ячмень - основное сырье пивоваренного производства. Он относится к семейству злаковых. По морфологическим признакам делится на двухрядный и многорядный. У двухрядного ячменя (рис. 7а) колос состоит из двух правильных рядов зерен. Зерна крупные, выравненные, богатые крахмалом. Колос шестирядного ячменя (рис. 7в) имеет в разрезе вид шестилучевой звезды. 6 обособленных рядов зерен отстают друг от друга на угол 60° . При развитии зерна давят друг на друга и поэтому имеют неодинаковую величину. Зерна содержат меньше крахмала и больше белка. Четырехрядный ячмень (рис. 7б) - неправильный шестирядный. Зерна сдвинуты по оси в отношении друг друга и кажутся расположенными в четыре длинных ряда.

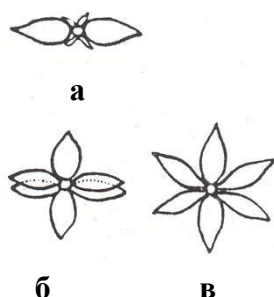


Рис. 7. Разрез колоса:

а - двухрядный ячмень; б - четырехрядный ячмень; в - шестирядный ячмень

Для пивоварения используется двухрядный ячмень. Возделывается он, в основном, как яровой. При его нехватке пользуются шестирядным или четырехрядным. Это, в основном, озимый ячмень.

Пивоваренные свойства ячменя определяются его сортовыми особенностями. Селекция новых сортов направлена на увеличение урожайности, крупности, выравненности, экстрактивности, повышение иммунитета к грибным и бактериальным заболеваниям, снижение содержания белка. В настоящее время наиболее распространены около 40 отечественных сортов пивоваренного ячменя. Это: Абава, Аннабель, Астория, Ача, Белгородец, Визит, Горинский, Дворан, Зазерский 85, Зерноградец 770, Михайловский, Московский 3, Носовский 9, Нутанс 642, Одесский 100, Одесский 115, Омский 90, Сигнал, Скарлетт, Харьковский 74, Челябинский 99, Эльф и др. Из шестирядных ячменей лучшими признаны сорта: Бета 40, Одесский 17.

Основные районы возделывания пивоваренного ячменя: Амурская, Белгородская, Брестская, Воронежская, Калининградская, Калужская, Курганская, Липецкая, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Тульская, Саратовская области и Приморский край. В случае необходимости допускается выращивание ячменя пивоваренных сортов в других районах (например, Алтайский край). Однако качество и урожайность такого зерна не стабильны.

В связи с дефицитом пивоваренного ячменя в Россию импортируется зерно из Германии, Франции, Финляндии, Англии, Дании и Бельгии и других стран. Основные зарубежные сорта: Алексис, Карина, Люкс, Невада, Оптик, Орбит, Рубин, Скарлетт, Сладко и др.

В настоящее время за рубежом проводятся исследования по селекции сортов ячменя, не содержащих антоцианогены, которые отрицательно влияют на коллоидную стойкость пива. Это американский сорт Галант и датский Каминант. Однако эти сорта имеют недостаточную цитолитическую растворимость. Поэтому рекомендуется их использовать только в количестве до 30 % к общей массе перерабатываемого зерна.

2. Химический состав ячменя

Химический состав ячменя зависит от сорта и почвенно-климатических условий выращивания.

Важная составная часть зерна - вода. В зависимости от условий уборки влажность колеблется от 12 до 20 %. Среднее содержание влаги в зерне 14 %. Высокое содержание влаги приводит к уменьшению сухих веществ. Влажный ячмень плохо хранится, приобретает затхлый запах, теряет всхожесть, медленно прорастает, легко поражается микроорганизмами. Летом такое зерно сильно нагревается, зимой - смерзается в сплошную массу.

В зависимости от содержания влаги зерно ячменя классифицируется следующим образом: *сухое* (до 14 %); *средней сухости* (от 14 до 15,5 %); *влажное* (от 15,5 до 17 %) и *сырое* (более 17 %). Влажность ячменя 15,5 % - **критическая**. При влажности зерна выше критической его подсушивают.

Сухие вещества ячменя представлены углеводами, азотистыми веществами, жирами, полифенольными, минеральными веществами, витаминами и ферментами.

Углеводы. К ним относятся: крахмал, целлюлоза, гемицеллюлоза, гумми-вещества, пектиновые вещества и растворимые сахара.

Крахмал - главная часть экстракта. Он накапливается при созревании ячменя в результате фотосинтеза в виде отдельных гранул размером от 2 до 40 мкм. Чем гранулы крупнее, тем лучше технологические свойства зерна. Зерна содержат 98 % чистого крахмала и до 2 % примесей (белки, жиры, минеральные вещества), которые влияют на физико-химические свойства крахмала. Каждая гранула крахмала покрыта микроскопическим слоем белков. Чистый крахмал представлен амилозой (17-24 %, мелкие зерна содержат до 40 %) и амилопектином (76-83 %, мелкие зерна - до 60 %).

Амилоза (α -1,4-глюкан) состоит из неразветвленных, спирально закрученных цепочек. Содержит от 60 до 2000 остатков глюкозы, соединенных связями α -1,4. Молекулярная масса от 10 000 до 500 000. Растворяется в теплой воде и дает растворы невысокой вязкости. С йодом дает синее окрашивание.

Амилопектин (изо-амилоза) состоит так же из остатков глюкозы, но кроме связей α -1,4 имеются связи α -1,6, которые образуют ветвления. Молекулярная масса от 100 тыс. до 6 млн. Количество глюкозных остатков от 600 до 6000. В воде растворяется только под давлением. Дает очень вязкие растворы. С йодом окрашивается в красно-фиолетовый цвет.

Крахмал в холодной воде не растворяется, с йодом дает сине-фиолетовое окрашивание. В горячей воде зерна набухают и образуют гель из амилопектина. При этом образуется коллоидный раствор - крахмальный клейстер. Температура, при которой крахмальный клейстер достигает наивысшей вязкости, называется **температурой клейстеризации**. Начальная температура клейстеризации для ячменя 56 °С, конечная - 94 °С. Крахмал ячменей, выращенных в прохладных климатических условиях, клейстеризуется быстрее, чем ячменей, выращенных в более теплых и сухих климатических условиях. Эти температуры необходимо знать для правильного проведения технологических процессов и, прежде всего, затирания. Содержание крахмала в ячмене в среднем составляет 55-65 %.

Целлюлоза - полисахарид - является составной частью клеточных стенок. В эндосперме ее практически нет, следы найдены также в зародыше. Состоит из остатков глюкозы, соединенных связями β -1,4. В воде не растворима, стойка к действию ферментов. Не участвует в обмене веществ зерна и остается в оболочке. При солодоращении не изменяется, при затирании играет роль фильтрующего слоя. Это снижает экстрактивность солода и выход суслу. Количество целлюлозы в ячмене 4-5 %.

Гемицеллюлоза и гумми-вещества участвуют в построении клеточных стенок эндосперма и определяют их прочность. Гемицеллюлоза содержится также в оболочке зерна. В воде она не растворима, но растворяется в разбавленных растворах щелочей. Гумми-вещества не отличаются от гемицеллюлоз по строению, но имеют меньшую молекулярную массу, поэтому растворяются в горячей воде, образуя вязкие растворы.

По химической природе гемицеллюлозы - смесь β -глюкана и пентозанов (арабиноксиланов). Гемицеллюлозы и гумми-вещества гидролизуются ферментами комплекса цитаз или гемицеллюлаз. Образующиеся продукты гидролиза глюкозы, пентозы (ксилоза и арабиноза) и уроновые кислоты частично используются зародышем для обмена и способствуют повышению экстрактивности солода.

Количество гемицеллюлоз и гумми-веществ колеблется в зависимости от степени зрелости ячменя, сорта и условий выращивания (5-10 % гемицеллюлоз и 1,0-1,5 % гумми-веществ). При выращивании ячменя в сухую и жаркую погоду их количество увеличивается.

В зависимости от местонахождения (в эндосперме или мякинной оболочке) различают 2 типа гемицеллюлоз:

- мякинную - состоит из небольшого количества β -глюкана и уроновых кислот и значительного количества пентозанов;

- эндосперменную - содержит много β -глюкана, мало пентозанов и не содержит урановых кислот.

При солодоращении изменяются только гемицеллюлозы эндосперменного типа.

β -глюкан имеет молекулярную массу от нескольких десятков до сотен тысяч. Состоит из остатков глюкозы, которые соединены связями β -1,3 и β -1,4. При неполном гидролизе образуются дисахариды целлобиоза и ламинарибиоза, при полном - β -глюкоза. Основная часть находится в эндосперме, способствует повышению прочности клеточных стенок. Содержание в ячмене колеблется от 0,4 до 0,8 %, но в незрелом ячмене количество может достигать до 4 %. Хорошо растворим в горячей воде, в сусле увеличивает вязкость, участвует в образовании мути в готовом пиве.

Пентозаны так же различаются в зависимости от их местонахождения. Мякинная фракция состоит из молекул ксилозы, соединенных связями β -1,4. Наряду с этим имеются боковые цепочки из ксилозы, арабинозы и глюкуроновой кислоты. Пентозаны эндосперма имеют более простой состав. В растворимой форме содержится около 0,25 % пентозанов.

Пектиновые вещества содержатся в клеточных стенках в незначительных количествах и являются их цементирующим материалом. Присутствуют они в виде нерастворимого протопектина и растворимого пектина. *Протопектин* - полисахарид - состоит из остатков полигалактуроновых кислот с остатками метилового спирта, целлюлозой, арабаном и другими соединениями. *Растворимый пектин* - частично или полностью метоксилированная полигалактуроновая кислота. Пектиновые вещества образуют вязкие растворы, поверхностно-активны и способствуют пенообразованию. Количество их в ячмене составляет 1,2-2,5 %.

Растворимые сахара содержатся, в основном, в зародыше (мальтоза, глюкоза, фруктоза, сахароза) и используются в качестве питательных веществ, положительно влияют на процессы проращивания. Количество их 2,0-2,5 %.

Азотистые вещества являются источником питания для дрожжей, участвуют в пенообразовании, формировании вкуса, влияют на коллоидную стойкость пива. К ним относят: *белковый азот* (белки и полипептиды); *небелковый азот* - аминный (представлен аминокислотами), аммиачный (представлен солями органических кислот), минеральный (представлен солями азотной кислоты), амидный (представлен амидами).

Суммарное содержание всех форм азота представляет общий азот ячменя.

Белки в ячмене содержатся:

- в алейроновом слое (под плодовой и семенной оболочками) в виде клейковины;
- на внешней стороне эндосперма в виде резервного белка;
- в эндосперме в виде белка, идущего на построение тканей (тканевого белка).

Клейковина частично расходуется на проращивание, оставшаяся часть переходит в дробину. Резервный белок при солодоращении в большей части расщепляется. Тканевый белок, как остаток протоплазмы, откладывается, в основном, в клетках эндосперма вместе с гемицеллюлозой и гумми-веществами. Это затрудняет его растворение, и он практически полностью переходит в дробину.

Белки подразделяют на простые и сложные. Простые белки: альбумины (растворимы в воде), глобулины (растворимы в солях), проламины (растворимы в спирте) и глютелины (растворимы в щелочах).

Альбумин ячменя - *лейкозин* - высокомолекулярный белок. Количество 0,4-0,5 % от общего количества белковых веществ. Молекулярная масса около 70 000. Коагулирует при температуре 52 °С. При кипячении суслу с хмелем полифенольные вещества хмеля ускоряют его коагуляцию. Изоэлектрическая точка при рН 4,6-5,8. Две альбуминовые фракции ячменя обладают α -амилазной активностью.

Глобулин ячменя - *эдестин*. Количество его около 3 % от общего количества белковых веществ. Термокоагуляция наступает при температуре выше 90 °С. Выделено 4 фракции, которые сильно отличаются по молекулярной массе: α -глобулин (26 000); β -глобулин (100 000); γ -глобулин (166 000); σ -глобулин (300 000).

Изоэлектрическая точка глобулинов находится при рН 4,9-5,7. α - и β -фракции содержатся в алейроновом слое, γ - и σ -фракции - в зародыше. Особое значение в технологии придается β -глобулину. Он имеет низкую изоэлектрическую точку (рН 4,9), которая при варке суслу не достигается, а также высокое содержание серы. Он может явиться причиной появления мути в готовом пиве и снижения коллоидной стойкости.

Проламин ячменя - *гордеин*. Общее количество 3-4 % белковых веществ. Характеризуется высоким содержанием глютаминовой кислоты и пролина. Выделено 5 фракций: α , β , γ , σ , ε . Содержится, в основном, в алейроновом слое. σ -, ε -фракции гордеина являются составными частями обратимого и необратимого помутнения. Гордеин остается, в основном, в дробине. При гидролизе дает много пролина, который не участвует в метаболизме дрожжей и остается в пиве.

Глютелин ячменя содержится в алейроновом слое и почти полностью переходит в дробину. Количество его 3-4 % белковых веществ. Существует зависимость: чем меньше глютелина и больше гордеина, тем ячмень легче проращивается.

Сложные белки - *протеиды* - содержат небелковые компоненты. Наиболее важное значение имеют нуклеипротеиды. Их небелковый компонент представлен нуклеиновыми кислотами. Количество их 0,2-0,3 %.

Из аминокислот в ячмене содержатся: аланин, валин, лейцин, аспарагиновая и глютаминовая кислоты, лизин, серин, триптофан, цистин, фенилаланин, триптофан, пролин и оксипролин. Общее количество аминокислот в ячмене 0,5-0,6 %.

Жиры (липиды) и жироподобные вещества содержатся в алейроновом слое (2/3) и зародыше (1/3). Общее их количество в ячмене составляет 2-3 %. При солодоращении часть расходуется на дыхание при обмене веществ. Большая же часть переходит в дробину. Но часть жира переходит в сусло, это нежелательно, т.к. он отрицательно влияет на пенообразование, стабильность и вкус пива.

Жиры представлены глицеридами (сложными эфирами глицерина и различных карбоновых кислот) и жироподобными веществами (липоидами). Из карбоновых кислот присутствуют линолевая, олеиновая, пальмитиновая кислоты. Их количество составляет до 1,5 %. Жирные кислоты необходимы дрожжам

для роста и размножения, особенно при недостатке кислорода в начале брожения. С другой стороны, изменяя химический состав ячменя при хранении, могут стать причиной появления «старения вкуса пива».

Жироподобные вещества представлены, в основном, фосфатидами (лецитин, кефалин), а также фитостеринами и эфирами фосфолипидов, связанных с сахарами и крахмалом (фосфоинозиды). К фосфоинозидам относится смесь кальциевых и магниевых солей фитиновой кислоты, которая является сложным эфиром спирта инозита. Фитин находится, в основном, в оболочке и немного в эндосперме. Инозит и фитин - витамины. При проращивании фитин является основным источником кислых фосфатов и большей части буферных веществ, с помощью которых поддерживается необходимая кислотность солода, сусла и пива.

К липидам относят также горькие смолы, которые находятся в мякинной оболочке. Они обладают очень горьким вкусом и антисептическими свойствами. Хорошо растворяются в горячей воде, образуя растворы с щелочной реакцией.

Полифенольные вещества - полигидроксифенолы с различной молекулярной массой. Содержат в своей структуре ароматические кольца с гидроксильной группой. Фенольные соединения, в ароматическом кольце которых имеется более одной гидроксильной группы, называются полифенолами. По химической структуре фенольные соединения можно разделить на 3 группы: с одним, двумя ароматическими кольцами и полимерные соединения. Высокомолекулярные полифенолы способны осаждать белки. Их количество в ячмене составляет 0,1-0,3 %. Влияют на пенообразование, вкус, цвет и стабильность пива. Фенольные кислоты содержатся, в основном, в мякинной оболочке в свободном и связанном виде. Некоторые являются ингибиторами проращивания, частично выщелачиваются при замачивании.

В ячмене, единственном из всех злаков, присутствуют *антоцианогены* - полифенолы с двумя ароматическими кольцами, которые при нагревании с соляной кислотой превращаются в *антоцианидины* - красящие вещества. Находятся в алейроновом слое, количество зависит от содержания гордеина: чем больше гордеина, тем больше антоцианогенов, т.к. гордеиновая фракция белка содержит в своем составе антоцианогены.

В пиве полифенолы связаны с высокомолекулярными белками и могут вызывать помутнения. Важно знать не только общее количество полифенолов, но и их качественный состав. Растворимые низкомолекулярные полифенольные вещества не ухудшают стойкости пива, причиной же появления мути являются только полимеры.

Минеральные вещества представлены, в основном, фосфатами калия, кальция и магния. Фосфаты необходимы для развития зародыша, размножения дрожжей, брожения, создания буферности сусла и пива. Силикаты содержатся в оболочке до 600 мг/100 г, это отрицательно сказывается на коллоидной стойкости и вкусе пива. Из микроэлементов (10-11 мг/100 г) содержатся цинк (важен для брожения), железо, марганец, хром, никель и др. Общее количество минеральных веществ 2,5-3,5 %.

Витамины принимают участие в процессах проращивания ячменя, роста дрожжей, в построении некоторых ферментов. Содержатся в алейроновом слое

и тканях зародыша. В ячмене содержатся следующие ферменты (мг/100 г): В₁ (тиамин) - 0,12-0,7; В₂ (рибофлавин) - 0,1-0,4; В₆ (пиридоксин) - 0,3-0,4; РР (никотиновая кислота) - 8-15; Н (биотин) - 0,006-0,012. При проращивании количество витамина В₂ увеличивается в 1,5 раза. Витамин Н является фактором роста дрожжей. Из жирорастворимых витаминов содержится витамин Е (токоферол).

Ферменты регулируют процессы распада и синтеза, дают возможность зародышу строить новую ткань. В зерне ячменя из амилолитических ферментов содержится β-амилаза (в свободном и связанном состоянии); α-амилаза в ячмене не присутствует и образуется только при проращивании. В небольшом количестве содержится фермент сахараза, катализирующий расщепление сахарозы до глюкозы и фруктозы. Из ферментов, катализирующих расщепление β-глюкана, содержатся эндо- и экзо-β-глюканазы; целлобиаза и ламинарибиаза, которые расщепляют дисахариды целлобиозу и ламинарибиозу до глюкозы. Из ферментов, гидролизующих пентозаны, содержатся: эндо- и экзоксилазы, арабинозидаза, ксилобиаза. Из протеаз содержатся эндо- и экзопептидазы. Также присутствуют липазы, расщепляющие жиры, и фосфатазы, расщепляющие фосфорорганические соединения.

3. Качество пивоваренного ячменя

Качество пивоваренного ячменя оценивается по органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии с требованиями ГОСТ 5060-86 «Ячмень для пивоварения». (Согласно этому ГОСТу ячмень в зависимости от показателей качества делится на 2 класса).

Цвет оболочки пивоваренного ячменя должен быть ярко-желтый. Для 2-го класса допускается оболочка серовато-желтого цвета. Недозрелый ячмень имеет оболочку зеленоватого или темного цвета. Если зерно подмокло при уборке, то оболочка красноватого цвета.

Запах - свежий, напоминающий запах ячменной соломы. При плохой всхожести и прораастаемости появляется затхлый запах.

Физико-химические показатели качества пивоваренного ячменя приведены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-химические показатели качества ячменя

Наименование показателей	Значения	
	1-й класс	2-й класс
Влажность, %, не более	15,0	15,5
Белок, %, не более	12,0	12,0
Сорная примесь, %, не более, в том числе:	1,0	2,0
вредная примесь	0,2	0,2
Зерновая примесь, %, не более	2,0	5,0
Мелкие зерна, %, не более	5,0	7,0
Крупность, %, не менее	85,0	60,0

Способность прорастания, %, не менее (для зерна, поставляемого через 45 дней после уборки)	95,0	90,0
Жизнеспособность, %, не менее (для зерна, поставляемого раньше 45-ти дней после уборки)	95,0	95,0
Зараженность зерна вредителями	Не допускается, кроме зараженности клещом не выше 1-й степени (20 шт./кг)	

Высокое содержание белка нежелательно. Повышение содержания белка на 1 % снижает экстрактивность солода в среднем на 0,7 %; степень растворения - на 0,3-0,5 %; число Кольбаха - на 0,4-2,0 %. При содержании белка менее 9 % уменьшается количество азотистых веществ, необходимых для пенообразования и полноты вкуса.

Крупность - однородность ячменя по величине - влияет на одновременное протекание процессов замачивания и проращивания.

Прорастаемость характеризуется двумя показателями: энергией и способностью прорастания.

Энергия прорастания - процентное содержание зерен, проросших за трое суток, а **способность прорастания** - процентное содержание зерен, проросших за пять суток. В ГОСТе указана лишь способность прорастания, но этих данных недостаточно для прогнозирования процесса солодоращения, т.к. важно знать разницу между показателями «способность и энергия прорастания». Это значение должно быть не более 2 %, т.к. в противном случае это приводит к неравномерному растворению, недостаточному накоплению ферментов при проращивании, появлению плесени на непроросших зернах, что может стать причиной инфицирования остального зерна.

Кроме показателей ГОСТа качество ячменя оценивается по комплексу дополнительных показателей, которые так же важны для определения пригодности зерна для солодоращения и пивоварения.

Натура - масса 1 дм³ зерна, выраженная в граммах. Зависит от формы зерна, содержания крахмала, минеральных и органических примесей. Органические примеси снижают натуру. Крахмал обладает большой плотностью, поэтому натура зерен ячменя с повышенным содержанием крахмала увеличивается. Ячмень хорошего качества имеет натуру 660-750 г/дм³. Озимые и многозерядные имеют натуру меньше.

Абсолютная масса - масса 1000 зерен, выраженная в граммах. Находится в прямой зависимости от сорта ячменя и экстрактивности: чем выше абсолютная масса, тем больше зерна 1-го сорта и экстрактивных веществ. Находится в пределах 37-48 г. Если масса 30-40 г, ячмень считается легким, 40-45 г - средним и более 45 г - тяжелым (содержат больше крахмала и экстрактивных ве-

ществ). Мелкозерные ячмени с абсолютной массой менее 37 г считаются низкого качества.

Водочувствительность - способность ячменя к увлажнению. Зависит от стадии зрелости зерна и погодных условий в период созревания. В зерне накапливается феруловая кислота, которая тормозит процессы прорастивания. До 10 % - низкая степень увлажнения; 10-25 % - небольшая; 26-45 % - нормальная и более 45 % - очень высокая (ячмень считается водочувствительным). Этот показатель необходимо учитывать, т.к. происходит неравномерный рост и образование большого количества проростков. С ростом водочувствительности продолжительность замачивания ограничивают.

Пленчатость - процентное содержание цветочных пленок (мякиной оболочки). С увеличением пленчатости уменьшается содержание крахмала и экстрактивность. Толстая пленка содержит больше дубильных и горьких веществ. Для пивоваренного ячменя этот показатель должен быть в пределах 7-9 %, но не более 10 %.

Кислотность. Зрелый ячмень имеет слабокислую реакцию, которая обусловлена присутствием солей фосфорной кислоты и органических кислот (молочной, муравьиной). Когда зерно выходит из состояния покоя, действуют гидролитические ферменты, накапливаются продукты кислого характера, и кислотность повышается. Это один из признаков порчи зерна. Кислотность здорового ячменя составляет 1,8-2,5°, испорченного - до 7-8°.

Экстрактивность - максимальное количество сухих веществ, способное перейти в раствор при затирании; зависит от содержания крахмала, белка и минеральных веществ. Экстрактивность ячменя хорошего качества 72-82 %. Разница между экстрактивностью и содержанием крахмала находится в пределах 14-16 %. По отношению экстрактивности к содержанию белка (Е:Б) можно спрогнозировать способность ячменя к солодоращению. Если это отношение больше 8,2:1, то способность к солодоращению очень хорошая; при отношении (7,8-8,1):1 - хорошая; при отношении (7,2-7,7):1 - удовлетворительная; ниже 7,1:1 - плохая.

Для определения ожидаемой экстрактивности ячменя ($E_{я}$) в зависимости от его свойств можно воспользоваться формулами (1) или (2).

$$E_{я} = 96,0389 - 0,7076 * Б - 0,9775 * С, \quad (1)$$

где Б - содержание белка в ячмене, %;

С - пленчатость ячменя, %.

$$E_{я} = А - 0,83 * Б + 0,15 * g, \quad (2)$$

где А - константа, зависит от сорта ячменя, находится в пределах 84,0-86,5 %;

g - абсолютная масса, г.

4. Микрофлора ячменя

Зерно ячменя не является стерильным. На его поверхности находится большое количество микроорганизмов: бактерии, вирусы, дрожжи, микроскопические грибы, которые приводят к порче зерна. Количество их зависит от влажности и температуры. До 99 % поверхностной микрофлоры представляют неспорозные палочки бактерий *Pseudomonas herbicola*. Они не разрушают тканей зерна, но в результате своей жизнедеятельности выделяют много тепла и могут привести к самосогреванию. Главная роль в порче зерна принадлежит грибам, которые хотя и составляют 1 % поверхностной микрофлоры, но наносят значительный вред.

Микроскопические грибы, встречающиеся на зерне, условно подразделяют на *полевые грибы* и *грибы хранения (плесневые грибы)*. Полевые грибы попадают на зерно в период вегетации, грибы хранения - во время уборки, транспортировки и хранения зерна. Заражение полевыми грибами может происходить как снаружи зерна (споры переносятся с дождем, ветром и т.д.), так и изнутри (инфекция попадает из почвы). К полевым грибам относят: *Alternaria*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Cladosporium*. При хранении большая часть этих грибов отмирает, так как для их развития необходима высокая влажность.

Заражение грибами хранения (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*) происходит при хранении сначала на поверхности зерна, но по мере развития споры проникают во внутренние ткани к зародышу. При хранении количество плесеней увеличивается, т.к. они могут развиваться при влажности ниже 12 %.

Ячмень является хорошей питательной средой для микроорганизмов. Грибная микрофлора, развиваясь на поверхности зерна, приводит к изменению его цвета, появлению затхлого плесневелого запаха, гибели зародыша и снижению прорастаемости.

Активный ферментативный комплекс микроорганизмов разрушает ткани зерна, снижается количество углеводов (количество крахмала может снизиться до 20-50 %), происходит глубокий распад белков с образованием аммиака, диоксида углерода, органических кислот, спиртов, накапливается кислотность. Образующийся аммиак тормозит развитие зародыша, это приводит к потере жизнеспособности зерна.

В течение 1-го месяца хранения количество белка может снизиться на 2 % при развитии грибов *Aspergillus* и *Fusarium*. Наибольшую опасность представляют не количественные потери общего азота, а изменение свойств белков. Значительное повышение кислотности (в 2 и более раз) наблюдается при обсеменении ячменя грибами рода *Aspergillus* и *Helminthosporium*.

При интенсивном развитии грибов в зерновой массе возможно накопление ядовитых продуктов их жизнедеятельности - микотоксинов, которые вредны для человека, угнетают дрожжи и тормозят брожение. Микотоксины очень устойчивы, при кипячении сула с хмелем не разрушаются и переходят в пиво.

При использовании ячменя, обсемененного микроорганизмами, изменяется не только качество солода, но и сула, и пива. Грибы рода *Aspergillus* при-

дают пиву подгоревший, мелассный привкус, *Cladosporium* - горький, *Fusarium* - винный, грубый.

Кроме того, наличие грибов рода *Fusarium* приводит к повышению степени замачивания, снижению выхода экстракта и фонтанированию пива (эффект Гашинга - самопроизвольное вспенивание пива после вскрытия бутылки). Даже наличие 2 % зараженных зерен может вызвать такой эффект. Причиной этого явления являются вещества, вырабатываемые этим грибом при проращивании и переходящие в дальнейшем в готовое пиво. Это низкомолекулярные белки, не растворимые в спирте, но растворимые в воде. Поэтому ячмень, зараженный грибами *Fusarium* (по внешнему виду - это зерна розоватого цвета), к переработке не допускается.

Допускается хранение ячменя с максимальным суммарным содержанием плесеней хранения (*Aspergillus* и *Penicillium*) в наружной микрофлоре до 50 %, во внутренней - до 30 %. Если эти показатели выше (до 75 % в наружной и до 50 % во внутренней), то такое зерно не подлежит хранению. Зерно не пригодно для производства пива, если содержание плесеней хранения в наружной микрофлоре более 75 %, во внутренней более 50 %. Также нельзя использовать для пивоварения зерно ячменя, содержащее микотоксины, вырабатываемые плесенями хранения *Aspergillus* и *Penicillium* (афлатоксин) в количестве более 0,005 мг/кг, т.к. они являются ядовитыми.

Контрольные вопросы:

1. Какие основные сорта ячменя используются для производства солода и в каких районах они возделываются?
2. Чем отличаются двухрядные и многорядные ячмени, какие предпочтительнее использовать для пивоварения?
3. Охарактеризуйте крахмал ячменного зерна, его строение и основные свойства.
4. Какова роль гемицеллюлоз и гумми-веществ в ячмене, их состав?
5. Охарактеризуйте азотистые вещества ячменя и их роль в пивоварении.
6. Какова технологическая роль полифенольных веществ ячменя?
7. Какими соединениями в ячмене представлены жиры и жироподобные вещества?
8. Какие группы ферментов находятся в непроросшем зерне?
9. Какова роль минеральных веществ и витаминов в технологическом процессе производства солода и пива?
10. Какие требования предъявляются к ячменю в соответствии с ГОСТом?
11. Какие показатели качества, кроме указанных в ГОСТе, определяют пригодность ячменя для солодоращения? Как они влияют на технологические процессы замачивания и проращивания зерна?
12. Какими микроорганизмами представлена микрофлора ячменя?
13. Какое влияние оказывают плесени хранения на качество солода, суслу и готового пива?
14. Как можно оценить пригодность ячменя к переработке по характеристике его микрофлоры?

1.3. ХМЕЛЬ

1. Ботаническая характеристика хмеля
2. Химический состав хмеля
3. Послеуборочная обработка и хранение хмеля
4. Качественная оценка хмеля
5. Препараты на основе хмеля

1. Ботаническая характеристика хмеля

Хмель - второе после ячменя основное и незаменимое сырье пивоваренного производства. Он содержит специфические вещества, которые придают пиву характерный горький вкус и своеобразный аромат. Сосредоточены эти вещества, в основном, в зернах лупулина.

В настоящее время в пивоварении используется более 100 сортов отечественного и зарубежного хмеля. В России основными районами возделывания хмеля являются Татария и Чувашия. Крупнейшие зарубежные производители хмеля: Германия, США, Китай, Чехия, Англия, Бельгия. Наиболее распространенные отечественные сорта: Клон 18, Житомирский 5, Житомирский 8, Полеский, Сильный, Серебрянка, Урожайный и др. Из зарубежных сортов в отечественном пивоварении применяются: Халлертауер «Бреверс Гольд», Халлертауер «Норсерн Бревер», Халлертауер «Магнум» (Германия), Кластер (США), Таргет (Бельгия), Жатецкий (Чехия) и др.

По использованию в пивоварении все сорта можно разделить на 2 группы: *тонкие и грубые*. **Тонкие сорта** содержат горьких веществ около 15 %, в том числе α -кислот от 3 до 5 %. Они используются для охмеления сусла. Это Клон 18, Житомирский 8. **Грубые сорта** содержат горьких веществ более 20 % и α -кислот от 8 до 16 %. Используются для получения хмелевых препаратов. Это такие сорта, как Сильный, Урожайный.

В зарубежной практике пивоварения все сорта хмеля делят на 3 группы: *ароматические, горько-ароматические, горькие*. **Ароматические сорта** отличаются приятным хмелевым ароматом, который обусловлен высоким содержанием ароматических составляющих (кариофиллен). Содержание α -кислоты в таких сортах 2,5-5,0 %, содержание когумулона менее 20 %. Это сорта Халлертауер «Шпальтер Селект», Перле (Германия). **Горько-ароматические сорта** содержат α -кислот 6-7 %, имеют повышенную горечь по сравнению с ароматическими сортами. Это сорта Халлертауер «Традицион», Халлертауер «Бреверс Гольд» (Германия). Первые две группы сортов используются для охмеления сусла. **Горькие сорта** - сорта с очень высоким содержанием α -кислоты (от 10 до 18 %). От хорошего горького сорта требуется также, чтобы содержание когумулона было не более 25 %. Этому отвечают немецкие сорта Халлертауер «Магнум», Халлертауер «Наггет». Как правило, горькие сорта используются для получения хмелевых экстрактов.

2. Химический состав хмеля

Химический состав хмеля зависит от сорта, способа культивирования, почвенно-климатических условий выращивания и послеуборочной обработки. В среднем химический состав следующий, %: влажность 10-14; горькие вещества 10-22; эфирные масла 0,2-1,7; полифенольные вещества 2-5; клетчатка 10-16; азотистые вещества 15-24; безазотистые экстрактивные вещества 25-30; минеральные вещества 7-10; сахара 2-4.

Для пивоварения наибольшее значение имеют горькие, полифенольные вещества и эфирные масла. Они придают пиву горьковатый вкус, специфический аромат и способствуют повышению пеностойкости.

Горькие вещества (называемые смолами) - основная и наиболее важная с технологической точки зрения составная часть хмеля. Хмелевые смолы классифицируются следующим образом (рис. 8).

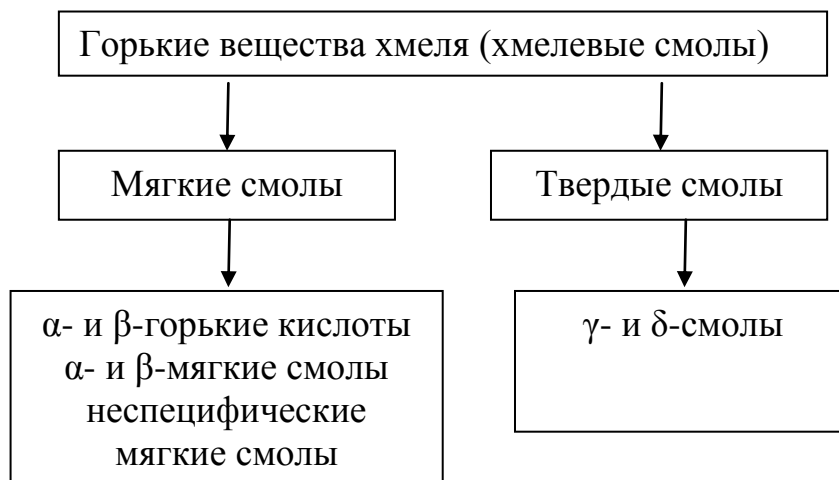


Рис. 8. Классификация горьких веществ хмеля

α-горькая кислота - гумулон, представленный гомологами: адгумулоном, когумулоном, прегумулоном и постгумулоном - важнейший компонент, который определяет товарную ценность хмеля. Это слабая одноосновная кислота. Растворяется в кипящей воде, при этом образуется коллоидный раствор. С увеличением рН растворимость увеличивается. Является хорошим пенообразователем и обладает сильным антисептическим действием. Когумулон превращается в изомер легче других компонентов α-кислоты, поэтому сорта хмеля с большим содержанием когумулона имеют и большую горечь. Но этой фракции приписывают негативную роль в формировании горечи пива, поэтому считается, что оптимальное содержание когумулона должно быть менее 20-25 % от содержания α-кислот. При кипячении суслу с хмелем α-горькие кислоты изомеризуются, переходят в пиво и формируют его горечь.

β-горькая кислота - лупулон, представленный гомологами: адлупулоном, колупулоном, прелупулоном и постлупулоном. Растворимость лупулона меньше, горечь и пенообразующая способность ниже, чем гумулонов. Антисептиче-

ские свойства намного выше. При созревании хмеля часть этих кислот превращается в более мягкие α -кислоты. При кипячении суслы с хмелем лупулоны практически не преобразуются и полностью остаются в дробине.

α - и β -мягкие смолы образуются на первой стадии окисления горьких кислот. Обладают большей растворимостью в сусле и пиве, чем соответствующие кислоты. Представляют собой вязкую массу красно-коричневого цвета с сильным горьким вкусом.

Неспецифические мягкие смолы (резупоны) - это продукты разложения α - и β -горькой кислот.

Твердые смолы - продукты окисления мягких смол. γ -смола горечью не обладает, δ -смола имеет грубую горечь (в 8 раз меньше, чем α -кислоты), хорошо растворима в сусле и пиве. Ценности для пивоварения они не имеют.

Полифенольные вещества представлены *танинами, флавонолгликозидами, катехинами и антоцианогенами* (составляют около 80 % полифенолов хмеля). Обладают вяжущим вкусом, являются антиоксидантами, т.к., окисляясь, предохраняют от окисления горькие вещества хмеля. При кипячении осаждают белки суслы и способствуют его осветлению. Участвуют в формировании вкуса пива. Но при высоком содержании появляется грубый вкус. Могут связываться с солями железа, при этом пена приобретает коричневый оттенок. При хранении окисляются и превращаются в красно-коричневые соединения с неприятной горечью - *флобафены*. Поэтому при использовании старого хмеля у пива появляется посторонняя неприятная горечь.

Хмелевое масло относится к типу эфирных масел, придает хмелю характерный аромат. Это прозрачная жидкость светло-желтого цвета с сильным ароматом, масло растворимо в эфире, спирте, в воде - очень плохо. Клейкость свежего хмеля обусловлена выделением хмелевого масла. Хмелевое масло задерживает окисление горьких и полифенольных веществ хмеля. При хранении полимеризуется, осмоляется или расщепляется с образованием кислот, и хмель теряет аромат и клейкость.

По химическому составу хмелевое масло - смесь углеводородной (40-80 %) и кислородсодержащей (60-20 %) фракций.

Основную часть углеводородной фракции (60-80 %) составляют: *мирцен, кариофиллен, гумулен и фарнезен*. *Мирцен* придает хмелю свойственный аромат, а пиву жесткий вкус и резкий запах, легко окисляется и превращается в соединение с неприятным запахом старого хмеля. *Гумулен, кариофиллен и фарнезен* способствуют получению пива с тонким ароматом, поэтому в хмелевом масле должно быть меньше мирцена и больше гумулена, кариофиллена и фарнезена. Соотношение гумулена и кариофиллена должно быть не менее 3.

Кислородсодержащая фракция представлена спиртами (бутанол, изобутанол, гексанол и др.), сложными эфирами, альдегидами.

Азотистые вещества на 50 % представлены растворимой фракцией (альбумозы, пептоны, полипептиды, аминокислоты). Эти соединения ассимилируются дрожжами.

Пектиновые вещества участвуют в создании полноты вкуса, пенообразовании и пеностойкости.

Сахара: по 0,5 % содержится фруктозы, сахарозы и глюкозы, а также не-много раффинозы.

Липиды - воск *мирицин* (до 1,5 %). Покрывает шишки, придает им блеск, предохраняет от увлажнения, высыхания и поражения микроорганизмами. В небольших количествах содержатся жирные кислоты: *олеиновая, линолевая, стеариновая и пальмитиновая*.

Кислоты: органические - яблочная, лимонная, щавелевая; неорганические - серная, фосфорная, кремневая. Они обуславливают кислый характер и буферность вытяжек из хмеля.

Из витаминов в хмеле содержатся: тиамин, пиридоксин, никотиновая кислота, биотин, рутин, пантотеновая кислота.

Из минеральных веществ содержатся: фосфор, калий, магний, кальций, железо, натрий, кремний, сера.

Цвет шишек обусловлен наличием **красящих веществ:** *хлорофилла, антоцианов и танинов*. Эти соединения окрашивают лепестки в разные цвета.

3. Послеуборочная обработка и хранение хмеля

Хмель собирают в период технической зрелости. В этот период шишки плотно закрыты, и зерна лупулина имеют светло-желтый цвет. При наступлении физиологической стадии зрелости шишки раскрываются, и зерна лупулина высыпаются. Это приводит к снижению технологических свойств хмеля.

Свежеубранный хмель имеет влажность 77-82 %, поэтому уже через 3-6 час хранения резко снижается его качество. Для снижения влажности и увеличения продолжительности хранения хмель сушат. Для этой цели используют одно-, трех- и пятиярусные сушилки полунепрерывного действия. Начальная температура сушки 20-30 °С, конечная - 65-70 °С. Сушку проводят осторожно, т.к. при сушке теряется до 25 % α -кислот, происходит изменение полифенольных веществ, эфирных масел, технологические свойства хмеля ухудшаются.

После сушки влажность в хмелевой шишке распределена неравномерно. При средней влажности 8-9 %, влажность лепестков составляет 5-6 %, а стерженьков - 12-18 %. Лепестки неплотно прилегают друг к другу, шишки раскрываются, это приводит к потере лупулиновых зерен. Поэтому для повышения прочности шишек и перераспределения влаги через слой свежесушенного хмеля высотой 10-15 см пропускают кондиционированный воздух влажностью 64-68 % до достижения влажности хмеля 12-13 %.

Для подавления жизнедеятельности микроорганизмов, сохранения цвета и горьких веществ проводят сульфитацию. Для этого хмель окуривают серой или обрабатывают диоксидом серы.

Для уменьшения объема хмель прессуют. При этом удаляется большая часть воздуха, и снижаются окислительные процессы. Для предохранения пресованного хмеля от действия света и влаги хмель упаковывают в мешки джутовой ткани или полиэтиленовой пленки или бálлоты. Бálлоты имеют форму цилиндра, обшиты джутовой тканью, диаметр составляет 60-70 см, высота 120-130 см, масса до 170 кг. На каждый вид упаковки наносят маркировку, в которой

указывают: наименование продукции, предприятия-изготовителя, номер партии, год урожая, массу брутто и нетто, способ уборки (машинный или ручной).

Хранят хмель в хмелехранилищах при относительной влажности воздуха 55-70 % и температуре 0,5-2,0 °С на деревянных решетчатых стеллажах, которые располагают на высоте 20 см от уровня пола. Хранение на цементном полу запрещено, так как возможно отпотевание. Мешки и баллоты устанавливают вертикально, неплотно друг к другу. Они не должны соприкасаться со стенами хранилищ, проходы между рядами оставляют не менее 0,5 м.

При хранении хмеля под действием кислорода, ферментов происходят окислительные и биохимические процессы. Уменьшается количество α -кислот, мягких смол, накапливаются твердые смолы. Окисляются полифенолы, эфирное масло, и теряется аромат хмеля.

Продолжительность хранения хмеля составляет: в мешках - до 1-го года, в баллотах - до двух лет.

4. Качественная оценка хмеля

Оценку качества хмеля проводят по органолептическим и физико-химическим показателям.

По внешнему виду шишки хмеля должны быть целыми, закрытыми, не поврежденными.

Аромат хмеля должен быть чистый, специфический, очень тонкий, но не острый, без постороннего запаха, например, запаха серы.

Хмель хорошего качества почти не содержит семян и имеет высокое содержание лупулина. Хмель среднего качества имеет большое содержание семян и острый хмелевой аромат, иногда с посторонним запахом (например, фруктовым). Более грубый хмель - оплодотворенный, семенной. Аромат у него резкий, часто не хмелевой, с чесночным или другим посторонним запахом.

Посторонними запахами для хмеля являются: дымный, горелый, луковый, чесночный, соломенный, травяной, серный.

Травяной запах свидетельствует о том, что хмель убран в незрелом состоянии. Сырный, затхлый запахи являются признаком нежелательных химических и биохимических процессов.

Качество хмеля-сырца регламентируется ГОСТ 21946 (хмель-сырец в виде шишек, высушенных и прошедших отлежку), прессованного хмеля - ГОСТ 21947 (хмель прессованный, сульфитированный).

Цвет шишек должен быть от светло-желто-зеленого до золотисто-зеленого. Недозрелый хмель имеет зеленый и серо-зеленый цвет, перезрелый - коричневый и красный. Коричневые и красноватые пятна указывают на поражение болезнями или вредителями, белый налет - на поражение мучнистой росой, черный налет - плесени. Плохо хранившийся хмель имеет матовую окраску и темно-коричневый цвет (это указывает на самосогревание). Цвет зерен лупулина должен быть от лимонно-желтого до золотисто-желтого, с блеском, поверхность зерен - клейкая. Красно-желтая, красно-коричневая окраска зерен, сухость свидетельствуют о сушке хмеля при высокой температуре или о старости хмеля.

Физико-химические показатели качества хмеля приведены в таблице 4.

Не допускается использовать в пивоварении хмель с прелым, затхлым, сырным, дымным запахом, пораженный плесенью, болезнями, вредителями, с содержанием посторонних (не хмелевых) примесей.

Таблица 4

Физико-химические показатели качества хмеля
в соответствии с требованиями ГОСТ 21946 и 21947

Наименование показателей	Значения	
	Хмель-сырец	Хмель прессованный
Содержание α -кислоты на а.с.в., %	3,5 (не менее 2,5)	3,5 (не менее 2,5)
Влажность, %	11,0-13,0	11,0-13,0
Содержание хмелевых примесей, % не более: для хмеля машинного сбора для хмеля ручного сбора	10,0 5,0	10,0 5,0
Содержание семян, %, не более	4,0	4,0
Содержание золы на а.с.в., %, не более	14,0	14,0
Содержание общего количества SO_2 , %, не более	-	0,5
Содержание осыпавшихся лепестков, %, не более	25,0	-

5. Препараты на основе хмеля

Хмель является очень дорогим сырьем. Перевозить прессованный хмель неэффективно из-за больших объемов. В мировой практике используется только до 20 % шишкового хмеля, а доля хмелевых препаратов составляет 80 % (50 % гранулированный хмель и 30 % хмелевые экстракты).

Препараты на основе хмеля можно подразделить на 2 группы: хмелевые препараты (порошкообразный, гранулированный хмель) и хмелевые экстракты (неизомеризованные, изомеризованные, одностадийного и двухстадийного способов получения).

Отечественной промышленностью разработана и внедрена технология получения порошкообразного, гранулированного хмеля и экстрактов.

Порошкообразный хмель. Прессованный хмель из баллота расщепляют и сушат при температуре 45-50 °С до влажности 5-6 %. Затем измельчают на молотковой дробилке, прессуют в брикеты массой 280-300 г при давлении 70-80 МПа и упаковывают под вакуумом в пакеты из полимерной пленки. Влажность готового продукта составляет 6-7 %.

Гранулированный хмель. Высушенный и измельченный хмель до размера частиц 0,5 мм пропускают через матрицу гранулятора при давлении 10 МПа. Температура в процессе гранулирования повышается до 65 °С, поэтому гранулы быстро охлаждают до 18-20 °С в отсутствие кислорода, чтобы не происходило окисления горьких веществ, и упаковывают под вакуумом в пакеты из

полимерной пленки или фольги в атмосфере инертного газа. Гранулы зеленого цвета, влажность не более 13 %, содержание α -кислот не менее 2,5 %, имеют размеры: диаметр 10 мм, длину 15 мм.

Гранулы-концентрат (выпускают за рубежом) - гранулы, обогащенные лупулином. Высушенный до влажности 5 % хмель измельчают при температуре минус 30 - минус 35 °С, при этой же температуре отделяют зерна лупулина, чтобы не было окисления горьких веществ, удаляют лепестки, стерженьки. Затем дозируют зерна до содержания α -кислоты до 15 % и гранулируют обычным способом.

Изомеризованный гранулированный хмель (выпускают за рубежом) производят аналогично гранулам-концентрату, но перед гранулированием добавляется окись магния, которая является катализатором и способствует реакции изомеризации α -кислот. Для лучшей изомеризации упаковки выдерживают в термокамере при температуре 50 °С. Использование изомеризованного гранулированного хмеля имеет ряд преимуществ: увеличивается выход изо- α -кислот; сокращается продолжительность кипячения; можно хранить такой хмель при комнатной температуре; образуется меньше взвесей при кипячении.

Применение гранулированного хмеля по сравнению с шишковым увеличивает выход горьких веществ примерно на 10 %.

Хмелевые экстракты - хмелепродукты, полученные при обработке шишек различными растворителями. Отечественная промышленность получает экстракты с использованием нетоксичных растворителей (в основном, этиловый спирт и жидкий CO_2). Получают экстракты в 1-й или 2-й стадии. При одностадийном способе извлекаются только горькие и ароматические вещества при помощи растворителей. При двухстадийном способе: на первой стадии извлекаются горькие и ароматические вещества, на второй - горячей водой полифенолы.

CO_2 -экстракт. Измельченный хмель обрабатывают жидким диоксидом углерода в течение 50-80 мин при температуре 20-25 °С, давлении 4,5-5,5 МПа, при соотношении «растворитель - хмель» 8:1. Экстракт концентрируют путем удаления CO_2 при температуре 30-35 °С. Полученный экстракт - вязкая масса желтого или светло-коричневого цвета, с хмелевым запахом, содержанием сухих веществ не менее 80 %. Массовая доля α -кислот - не менее 28 %.

Преимущества способа: жидкий CO_2 нетоксичен, дешев, инертен, имеет высокую избирательную способность к извлечению горьких и ароматических веществ. Недостаток: экстракт содержит только горькие и ароматические вещества, полифенолы не экстрагируются, поэтому полностью заменять хмель таким экстрактом нельзя, возможная замена - до 50 %.

Спиртовой экстракт. Экстракцию измельченного хмеля проводят ректификованным 90 %-м этиловым спиртом. Этиловый спирт отделяют под вакуумом. Спиртом полностью извлекаются горькие и ароматические вещества, полифенолы - незначительно. Поэтому для извлечения полифенолов проводят экстракцию горячей водой. Готовый экстракт - вязкая жидкость темно-зеленого цвета или с коричневым оттенком, хмелевым запахом с присутствием запаха этилового спирта. Содержание сухих веществ - не менее 60 %; α -кислот - не менее 9-12 %.

Изомеризованный экстракт. Изомеризацию α -кислот проводят после экстракции хмеля в щелочной среде (рН 7,0-9,5) при кипячении, в результате чего пиво приобретает слегка мыльный привкус. Это основной недостаток изомеризованных экстрактов. Для ускорения процесса выделения горьких кислот и их изомеризации добавляют в качестве катализатора реакции соли магния.

В зависимости от содержания органических веществ изомеризованные экстракты условно подразделяют на 2 типа: очищенные и неочищенные.

Неочищенные изомеризованные экстракты - смесь изо- α -кислот, β -кислот, мягких и твердых смол, других соединений.

Очищенные изомеризованные экстракты содержат смесь изо- α -кислот или их солей и веществ, обладающих свойствами изо- α -кислот. Такие экстракты можно использовать на любой технологической стадии (даже добавлять в готовое пиво для окончательного формирования вкуса).

Преимущества использования хмелевых экстрактов: стойки при хранении; масса их в 2 раза, а объем в 25 раз меньше хмеля; выход горьких кислот составляет до 95 %.

Хранят хмелепродукты на складах аналогично прессованному хмелю, экстракты можно хранить в неохлаждаемом помещении.

Контрольные вопросы:

1. Какие основные сорта хмеля используются для производства пива, в каких районах они возделываются и как классифицируются?
2. Какова классификация горьких веществ хмеля?
3. Какова технологическая роль полифенолов и эфирного масла хмеля?
4. Что такое неспецифические вещества хмеля и какова их роль?
5. Каким образом производится послеуборочная обработка хмеля?
6. Каковы способы хранения хмеля?
7. По каким показателям производится качественная оценка хмеля?
8. Какие хмелевые препараты получают на основе хмеля?
9. Каковы преимущества использования хмелевых препаратов?
10. Что такое порошкообразный хмель, как его получают, показатели качества?
11. Какие производят виды гранулированного хмеля, особенность технологии и показатели качества?
12. Как классифицируются хмелевые экстракты?
13. Как получают CO_2 -экстракт, его характеристика?
14. Какова технология получения спиртового экстракта, чем он отличается от CO_2 -экстракта?
15. Как классифицируются изомеризованные экстракты, при каких условиях проводится изомеризация α -кислот?
16. Каковы условия хранения различных хмелевых препаратов?

1.4. НЕСОЛОЖЕНОЕ СЫРЬЕ

1. Рис
2. Пшеница
3. Кукуруза
4. Перспективные виды сырья для производства пива
5. Сахаристые продукты

Солод является дорогостоящим сырьем, поэтому для снижения его расхода, увеличения экстрактивности сусла, а также для расширения ассортимента в пивоварении широко используется несоложеное сырье. **Несоложеное сырье** - крахмалосодержащие или сахаросодержащие продукты, которые применяются взамен части солода при изготовлении пива. Крахмалосодержащее сырье - зерновые культуры (ячмень, рис, пшеница, кукуруза и др.), которые не проходят стадию солодоращения, поэтому не содержат ферменты, используются на стадии затирания. Сахаросодержащие продукты (колер, сахар) имеют хорошую растворимость и вносятся при кипячении сусла с хмелем.

1. Рис

Рис - наиболее полноценное крахмалистое сырье. По строению зерно риса аналогично ячменю. Плод риса - зерновка. Она покрыта цветочными пленками, которые при переработке идут в отруби. В рисе плодовая оболочка не срастается с цветочными пленками. Очищенный рис - чистый эндосперм, освобожденный при очистке и шлифовке от оболочек и частично от белков, жиров и других балластных веществ. Эндосперм риса бывает мучнистый, полустекловидный или стекловидный. По ширине зерна риса классифицируются: толстые, круглые, тонкие, средние; по длине - длинные (более 7 мм), средние (6-7 мм), короткие (менее 6 мм).

В пивоварении обычно используется более дешевая рисовая сечка. Это битые зерна или обломки зерен, которые образуются в процессе очистки. Необходимо следить, чтобы зерна были чистые, блестящие, без коричневых пятен (остатков плодовой и семенной оболочки). Не должно быть песка.

Химический состав риса зависит от сорта и в среднем следующий: влажность не более 15,5 %; белок 7-9 %; крахмал 72-80 %; клетчатка 0,6-0,8 %; жир 0,5-1,0 %.

Технологические характеристики: экстрактивность 85-88 %; пленчатость 14-35 %; абсолютная масса 15-43 г.

Крахмальные зерна риса самые мелкие из всех зерновых культур (до 8 мкм). Температура клейстеризации рисового крахмала от 70 до 85 °С, поэтому солодовые амилазы действуют на него очень медленно. В связи с этим переработка риса требует большой продолжительности осахаривания и разваривания.

Сахара риса представлены сахарозой, мальтозой, глюкозой и фруктозой.

Основная часть белков риса - глютелины, которые в рисе называются *оризенины*. Они не влияют на качество пива, т.к. практически полностью переходят в дробину. Белки риса содержат много дикарбоновых кислот (глутаминовой и аспарагиновой), которые имеют отрицательный заряд, как и полифенолы, поэтому не образуют белково-дубильных комплексов. При затирании только небольшая часть белков риса переходит в затор, в основном, это стойкорастворимая фракция. В белках риса отсутствует β -глобулиновая фракция. Все это обеспечивает стабильность пива и стойкость к помутнениям. Но при использовании большого количества риса наблюдается снижение аминного азота, пеностойкости, дрожжи теряют способность к хлопьеобразованию, снижается полнота вкуса пива.

Добавка риса снижает цвет сусла, это важно при производстве светлых сортов. Добавляется в количестве от 10 до 20 % при приготовлении сортового пива.

2. Пшеница

Пшеница - один из перспективных видов несоложенного сырья. Плод - зерновка. Состоит из зародыша, эндосперма, семенной и плодовой оболочек, сросшихся между собой. Мякинная оболочка отсутствует. На долю эндосперма приходится 78-84,3 % сухих веществ, на долю зародыша - 1,4-4,2 %. Перерабатывается в несоложенном виде либо в виде солода.

Химический состав пшеницы: крахмал 74-80 %; белки 8-15 %; жир 1,5-2,0 %; клетчатка 2,0-2,5 %; сахара 2,5-5,0 %; зола 1,0-1,5 %.

Технологические характеристики: абсолютная масса 33-48 г; натура 750 г/дм³; экстрактивность 76 %.

Крахмал пшеницы состоит на 17-24 % из амилозы, и 76-83 % приходится на амилопектин. Крахмальные зерна имеют размеры, как у ячменя. Т.к. отсутствует мякинная оболочка, то количество целлюлозы меньше, чем у ячменя, поэтому экстрактивность достаточно высокая.

Сахара представлены сахарозой, глюкозой, мальтозой и рафинозой.

Белки пшеницы представлены альбуминами, глютелинами (глутенин), проламинами (глиадин), которые при смешивании с водой образуют студнеобразный гидратированный комплекс, называемый клейковиной. Она трудно гидролизуется ферментами, это затрудняет процесс фильтрации. Поэтому лучше использовать пшеницу в виде пшеничного солода. При использовании же пшеницы в качестве несоложенного сырья следует уделять большое внимание гидролизу белков на стадии затирания путем выдержки ступенчатой белковой паузы. Лучше использовать мягкую озимую пшеницу, которая содержит, по сравнению с твердой, меньше белка и больше крахмала.

При использовании пшеницы пиво более склонно к фонтанированию. Это связано с отсутствием мякинной оболочка, такое зерно больше подвержено инфицированию полевыми грибами рода *Fusarium*. Рекомендуемая доза внесения несоложенной пшеницы - не более 10 %.

3. Кукуруза

Кукуруза - хороший заменитель солода, самое дешевое несоложеное сырье, но содержит большое количество жира, который легко прогоркает и вместе с горькими веществами оболочек оказывает неблагоприятное воздействие на вкус пива. Поэтому кукуруза должна перерабатываться только в обработанном виде.

Зерно кукурузы состоит из зародыша и эндосперма. Сверху покрыто плодовой оболочкой, которая состоит из 12-14 слоев клеток. Под плодовой находится семенная оболочка.

Химический состав кукурузы: влажность 12-14 %; крахмал 60-66 %; белок 10-12 %; клетчатка 1,0-2,2 %; жир 4-6 %; зола 1,2-1,5 %.

Крахмал кукурузы состоит на 21-23 % из амилозы, и 77-79 % приходится на амилопектин. Крахмал кукурузы трудно клейстеризуется амилазами, клейстеризация проходит при высокой температуре 70-80 °С, это требует предварительного разжижения крахмала при затирании и использовании отварочных методов. В кукурузе меньше, по сравнению с ячменем, пентозанов и водорастворимого β-глюкана. Это способствует снижению вязкости сусла, снижению количества несбраживаемых сахаров, получению более стойкого пива к помутнениям.

Белки кукурузы, в основном, представлены спирто- и щелочерастворимой фракцией, имеют изоэлектрическую точку при рН 5,7 и осаждаются при кипячении сусла с хмелем. Особенностью белков кукурузы является наличие небольшого количества растворимых белков и отсутствие β-глобулинов, что положительно отражается на стойкости пива. Низкое содержание белка и переход его в большом количестве в дробину приводит к тому, что в сусле содержится недостаточное количество аминного азота, который необходим для нормальной жизнедеятельности дрожжей.

Жир содержится, в основном, в зародыше. Поэтому кукуруза очищается от оболочек и зародыша. Для этого зерно увлажняют и пропускают через наждачные машины. Затем эндосперм размалывается на вальцевых станках и просеивается. Таким образом, получают кукурузную крупу и кукурузную муку. Содержание жира в этих продуктах 1-2 %. Экстрактивность кукурузной крупы такая же, как у ячменя.

Кукуруза имеет весь набор ферментов, но очень низкую активность β-амилазы.

Добавка кукурузы снижает цвет пива, повышает полноту вкуса и коллоидную стойкость. Много кукурузы перерабатывается в Чехии, Словакии, США (25-40 % от засыпи). Отечественной промышленностью замена солода кукурузой составляет 10-20 %.

4. Перспективные виды сырья для производства пива

Овес относится к пленчатым культурам. Содержит кроме плодовой и семенной оболочек цветочную пленку. Количество пленок составляет от 25 до 37 %. Это приводит к снижению экстрактивности и появлению грубой горечи. Для пивоварения представляет интерес только голозерная культура, которая при

обмолоте освобождается от цветочных пленок. При этом уменьшается доля клетчатки и увеличивается количество крахмала.

Химический состав: влажность 13,5 %; крахмал 50-55 %; белок 9-11 %; клетчатка 8-11 %; зола 2,0-2,5 %.

Крахмал овса имеет температуру клейстеризации 55-60 °С, это ниже, чем у ячменя, поэтому при переработке овса не требуется дополнительного разваривания и использования отварочных методов затирания.

Липиды овса представлены ненасыщенными жирными кислотами, поэтому жир быстро прогоркает.

Используется голозерный овес при получении сортового пива в количестве до 10 %. При этом улучшается вкус и аромат. Но высокое содержание жира отрицательно влияет на коллоидную стойкость пива.

Сорго относится к семейству злаковых. Внешне похоже на кукурузу. Произрастает в жарких и засушливых регионах. Уборку сорго производят в период дождей, из-за чего зерно сильно заражено микроорганизмами, особенно плесневыми грибами. Поэтому необходима специальная обработка. Зерновка заключена в цветочные пленки. Так как пленчатость невысокая, то в пивоварении возможно использование как пленчатых, так и голозерных сортов.

Химический состав: крахмал 67-73 %; белок 11-12,5 %; жир 2-6 %; зола 1,5-1,7 %.

Технологические показатели: абсолютная масса 25-44 г.

Крахмальные зерна имеют округлую и многоугольную форму и плотно расположены в эндосперме. Температура клейстеризации крахмала 70-80 °С, поэтому необходимо использовать только отварочные методы затирания с использованием ферментных препаратов.

Для лучшей фильтрации лучше использовать пленчатые сорта.

Сорго используют как в несоложенном виде, так и в виде солода в странах Африки.

Просо имеет очень мелкое зерно (2-3 мм в длине и 1,5-2,5 мм в ширине). Особенностью проса является сильно развитый зародыш, на долю которого приходится до 8 %. Абсолютная масса составляет всего 5,5-7,2 г. Зерно характеризуется высокой пленчатостью и содержит много некрахмальных полисахаридов.

Химический состав: крахмал 54-55 %; клетчатка 7-9 %; белок 10,0-15,5 %; жиры 2,5-4,0 %; зола 3,5-3,0 %.

Крахмал проса имеет высокую температуру клейстеризации (70-80 °С), поэтому при использовании проса в качестве заменителя солода необходимы отварочные способы затирания.

Белок представлен на 20 % растворимой фракцией (альбумина и глобулина), и до 60 % приходится на проламины, которые при кипячении переходят в дробину. Поэтому возможно использовать для целей пивоварения просо и с повышенным содержанием белка.

Особенностью проса является высокое содержание жира. Тем не менее, просо используется для целей пивоварения в некоторых африканских странах как в виде несоложеного сырья, так и в виде просяного солода.

5. Сахаристые продукты

Переработка сахара и сахаристых продуктов не представляет трудностей: они легко растворимы и добавляются на стадии кипячения. В пивоварении используют свекловичный сахар или сахарный колер.

Свекловичный сахар содержит до 99 % сахарозы. Применяется для повышения экстрактивности сусла и снижения цветности. При использовании сахара изменяется состав сусла: повышается соотношение сахара к не сахару. Сахароза при внесении в сусло расщепляется на глюкозу и фруктозу. Увеличение этих сахаров приводит к снижению интенсивности брожения и изменению в составе побочных продуктов. Снижается количество аминного азота, что негативно сказывается на жизнедеятельности дрожжей. При добавлении сахара изменяется вкус пива, появляется сладковатый привкус, так как продукты гидролиза сахарозы имеют более сладкий вкус.

Сахарный колер - водный раствор карамелизованной сахарозы. Готовится путем нагревания при температуре 180-200 °С концентрированного водного раствора свекловичного сахара. Это темно-коричневая вязкая жидкость слегка горьковатого вкуса. При использовании разбавляется. Колер хорошо растворим в воде. Химический состав: влажность 23-25 %; экстрактивность 66-78 %; сбраживаемые сахара 4-15 %. При добавлении сахарного колера повышается цвет пива, поэтому применяют при изготовлении темных сортов пива.

Контрольные вопросы:

1. Что такое несоложеное сырье, для каких целей оно используется?
2. В чем особенность морфологии и строения зерна риса?
3. Каков химический состав риса?
4. В чем заключаются трудности при переработке риса?
5. В чем особенность химического состава пшеницы?
6. В чем заключаются трудности при переработке пшеницы?
7. Каковы преимущества и недостатки использования кукурузы?
8. Какова особенность химического состава кукурузы?
9. Какова перспектива использования овса в качестве несоложеного сырья?
10. Какова возможность использования сорго в качестве несоложеного сырья?
11. Какова возможность использования проса в качестве заменителя солода?
12. Какие сахаристые продукты и с какой целью используются при производстве пива?

Глава 2. ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА

2.1. ОЧИСТКА, СОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ЯЧМЕНЯ

1. Технологическая схема приемки, очистки и сортирования
2. Характеристика примесей и основные принципы очистки
3. Устройство зерноочистительного отделения
4. Процессы, происходящие при хранении
5. Способы хранения
6. Сушка зерна
7. Вредители зерна

1. Технологическая схема приемки, очистки и сортирования

Пивоваренные и солодовенные заводы должны иметь большие запасы ячменя для бесперебойной работы предприятия в течение 4-6 месяцев и более. Это необходимо также для того, чтобы организовать процесс переработки с учетом особенностей сырья и выпуска продукции высокого качества.

Схема приемки, очистки и сортирования ячменя приведена на рис. 9.

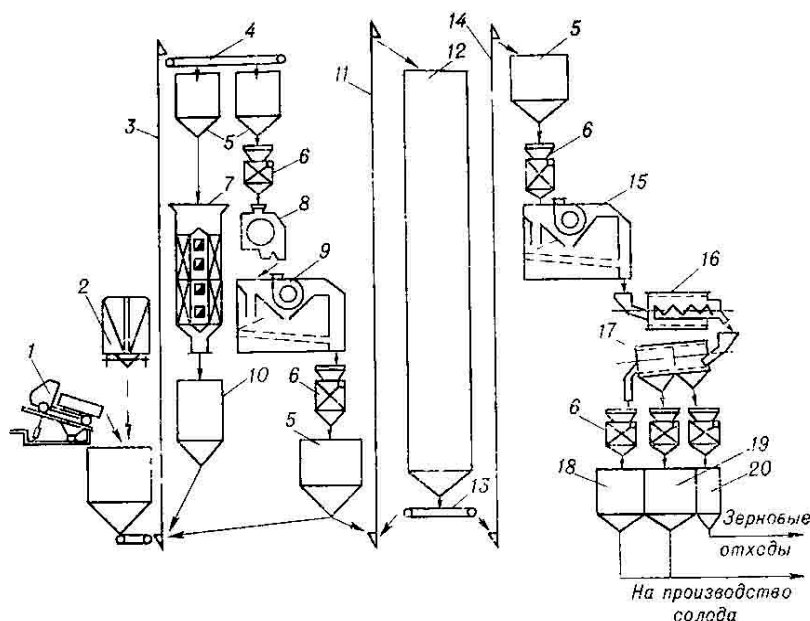


Рис. 9. Схема приемки, очистки и сортирования ячменя:

- 1 - автомобилеразгрузчик; 2 - вагон; 3, 11, 14 - нория; 4, 13 - ленточный конвейер;
 5, 10, 18, 19, 20 - бункер; 6 - автоматические весы; 7 - зерносушилка; 8 - магнитный сепаратор;
 9, 15 - воздушно-ситовый сепаратор; 12 - силос; 16 - триер; 17 - сортировочная машина

Ячмень - насыпной груз, и доставляется он на предприятия железнодорожным или автомобильным транспортом. Если имеются свои собственные подъездные железнодорожные пути, то ячмень подвозят в вагонах (2). Если

подъездные пути отсутствуют, то ячмень доставляется с железнодорожной станции автотранспортом. Железнодорожный и автомобильный пути должны подходить к крытому, защищенному от дождя помещению.

Поступившее зерно взвешивается на вагонных или автомобильных весах и выгружается с помощью механической лопаты или вагоноразгрузчика, а из автомобиля - с помощью автомобилеразгрузчика (1). После взвешивания зерно поступает в приемный бункер, а далее - ленточными транспортерами (4), шнеками, пневмотранспортом и норией (3) - на очистку. Выбор вида транспортных средств зависит от общей механизации завода и расположения хранилищ.

Нория - ковшовый элеватор - служит для подъема зерна. Скорость движения ленты 1-3 м/с. Производительность зависит от скорости движения ленты, вместимости ковшей, расстояния между ними.

Ленточный транспортер служит для перемещения зерна в горизонтальном направлении или под углом 30° на расстояние, равное длине транспортера. Скорость движения ленты 2,5-3,5 м/с. Одновременно с перемещением происходит проветривание, охлаждение и подсушивание зерна в сухую погоду. Производительность зависит от ширины ленты, высоты слоя зерна, скорости движения ленты. **Недостаток** при его эксплуатации - запыление помещения.

Шнек - бесконечный винт - служит для передачи зерна на небольшие расстояния. Располагается горизонтально, но может перемещать и под углом в 30° , в этом случае снижается производительность. Производительность зависит от числа оборотов винта, шага винта и степени заполнения шнека зерном (составляет $1/3$ диаметра). **Недостаток** при его работе - дробление зерна при транспортировке.

Пневматическая транспортировка основана на способности движущегося воздуха перемещать зерно в воздушном потоке. Скорость движения воздуха составляет 20-30 м/с, скорость движения зерна в вертикальном трубопроводе 10-15 м/с, в горизонтальном - 12-18 м/с. Установки бывают нагнетательные (воздух нагнетается в транспортерные трубы, служат для передачи зерна из одной точки в разные) и всасывающие (воздух отсасывается из транспортерных труб, служат для приемки зерна из разных точек).

Преимущества использования пневмотранспорта: наименьшие затраты труда; лучшие гигиенические условия работы; нет запыленности помещений; возможны любые изгибы транспортного пути зерна; зерно проветривается и снижается влажность. **Недостатки** при эксплуатации: высокий расход электроэнергии; повреждение зерна (0,3 %) из-за трения и ударов о стенки трубопроводов.

При приемке отбирают среднюю пробу и контролируют влажность и зараженность, т.к. от этих показателей зависит качество хранения, а также проращаемость как основной показатель для проращивания зерна.

В послеуборочный период поступает большая партия зерна, поэтому приемные устройства и зерноочистительное оборудование должны иметь высокую производительность, а зернохранилища - достаточную вместимость.

Очистку зернового сырья различают первичную (предварительную) и вторичную (основную).

В послеуборочный период, когда поступает большая партия зерна, возможна лишь предварительная очистка. **Цель первичной очистки** - удаление из зерновой массы пыли, сорных и вредных примесей, которые могут отрицательно влиять на хранение зерна (вызывать порчу, снижать качество, увеличивать потери) или работу машин (камни, металлические частицы).

Первичная очистка осуществляется на магнитных (8) и воздушно-ситовых сепараторах (9). Для учета зерна перед очисткой и после нее зерно обязательно взвешивается на автоматических весах (6). После первичной очистки зерно поступает с помощью норрии (11) на хранение в зернохранилища (12).

Если зерно имеет повышенную влажность, оно не может быть направлено на хранение, т.к. при влажности выше критической (выше 14,5 %) в зерне интенсивно протекают физиологические процессы (в основном, дыхание), в межзерновое пространство выделяется большое количество тепла и влаги, это приводит к самосогреванию, увеличению потерь сухих веществ и ухудшению качества. Поэтому такое зерно сначала подсушивается в зерносушилке (7), а только затем передается на первичную очистку и хранение.

Перед подачей в производство (в солодовенное отделение) зерно подвергается вторичной очистке. **Цель вторичной очистки** - удаление из зерновой массы примесей, которые могут повлиять на технологические процессы замачивания и проращивания. Это, в первую очередь, примеси, оставшиеся после первичной очистки и попавшие при хранении, поврежденные зерна, зерна других злаков и т.д.

Кроме того, в период вторичной очистки производят сортирование зерна, что необходимо для равномерного замачивания и проращивания. Проводят вторичную очистку равномерно, в течение всего года, поэтому производительность оборудования на этой стадии в 3-4 раза ниже, чем при первичной очистке, а степень очистки выше. Вторичная очистка проводится на воздушно-ситовом сепараторе (15), триере (16) и разделяется на сорта при помощи набора сит (17).

В схеме также обязательно должны быть предусмотрены промежуточные бункера для зерна и отходов (5, 10, 18, 19, 20).

2. Характеристика примесей и основные принципы очистки

Поступающий на предприятие ячмень не пригоден для производства солода без предварительной подготовки. Он содержит ряд загрязнений и примесей, которые отрицательно влияют на процесс проращивания. Для получения солода хорошего качества зерно необходимо разделить на сорта. Поэтому первой стадией солодоращения является очистка и сортирование ячменя.

Примеси, содержащиеся в зерне, подразделяются на *сорные* и *зерновые*.

Сорные примеси - минеральные, органические примеси, сорные семена дикорастущих растений и вредные примеси.

Минеральные примеси - земля, песок, пыль.

Органические примеси - ости, пустые пленки, солома.

Сорные семена дикорастущих растений - семена всех сорных и культурных растений, кроме пшеницы, ржи, овса; зерна пшеницы, ячменя, ржи, овса с полностью выеденным вредителями эндоспермом или эндоспермом черного цвета.

Вредные примеси - куколь, спорынья, головня, горчак розовый, мышатник, вязель, плевел опьяняющий, гелиотроп опушенноплодный, триходесма седая, а также зерна ячменя, пораженные головней и спорыньей, которые содержат вредные и ядовитые вещества. Головня придает зернам ячменя запах селедочного рассола, который обусловлен триметиламином. В спорынье находятся ядовитые вещества, поэтому ее содержание в ячмене допускается не более 0,5 %.

Зерновые примеси - слабо поврежденные зерна ячменя, с нарушенной оболочкой и обнаженным эндоспермом; незрелые - зеленые и сильно недоразвитые щуплые зерна; проросшие зерна с вышедшим наружу корешком или ростком; поврежденные сушкой или самосогреванием; битые зерна, зерна других злаков.

Процесс освобождения зерновой культуры от вредных и бесполезных примесей называется **очисткой**. При очистке зерно делится на 2 фракции: основную зерновую культуру и примеси.

Деление основной культуры на фракции по величине зерна называется **сортированием**. При сортировании чистое зерно делится по размеру зерен на 1-й, 2-й и 3-й сорта.

В зерне различают 3 размера: толщину (наименьший), ширину (средний) и длину (рис. 10).

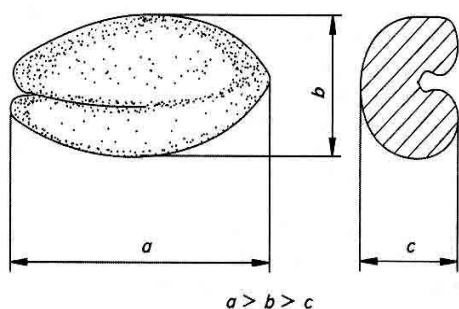


Рис. 10. Основные размеры зерна:
a - длина; b - ширина; c - толщина

Для отделения легких примесей от зерновой культуры используют воздушный поток. Этот процесс основан на аэродинамическом свойстве семян - *парусности*. **Парусность** - способность частиц воспринимать воздействие воздушного потока и уноситься им. Скорость движения воздуха, при которой происходит парение зерна, называется **критической**, или **скоростью витания**. Для различных зерновых культур и примесей она различна.

Подбирают при очистке зерна такую скорость воздушного потока, которая была бы больше критической для примесей, но меньше критической для основного зерна, и таким образом отделяют легкие примеси. Обычно это скорость 6-10 м/с. Такое разделение проводится в воздушных сепараторах.

Разделение примесей *по длине* производится с помощью ячеистой поверхности. Диаметр ячеек больше длины зерен одного из разделяемых компонентов, но меньше длины другого.

Разделение примесей *по ширине* производится на ситах с круглыми или квадратными отверстиями, через которые может пройти частица, ширина которой меньше диаметра отверстий. Другие размеры (длина и толщина) не влияют.

Разделение примесей *по толщине* производится в сортировочных машинах с продолговатыми (щелевыми) отверстиями. Часть зерновой примеси, которая проходит через отверстия, называется **проходом**. Остальная часть, которая остается на сите и сходит с него, называется **сходом**.

Разделение *по ферромагнитным свойствам* производится в магнитных сепараторах, в которых частицы, обладающие ферромагнитными свойствами, притягиваются магнитным полем и отводятся из зерновой массы.

3. Устройство зерноочистительного отделения

Процесс очистки и сортирования зерна производится в подработочном отделении. Устройства для очистки зерна устанавливают в пылезащитном исполнении. Очистное отделение располагается на верхних этажах предприятия или в отдельном помещении (*рабочей башне*), которое расположено параллельно силосам.

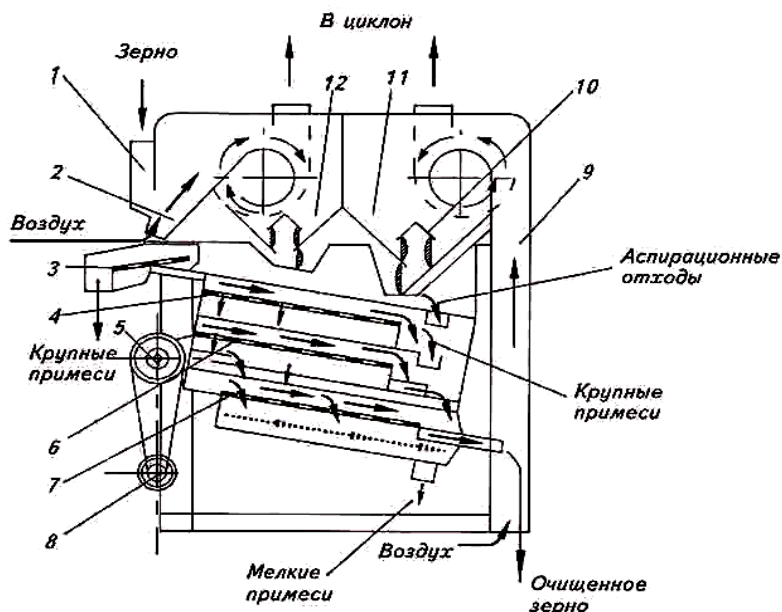


Рис. 11. Устройство воздушно-ситового сепаратора ЗСМ:

1 - приемная камера; 2, 9 - аспирационные каналы; 3 - приемное сито; 4, 6, 7 - подвижные сита; 5 - вал; 8 - электродвигатель; 10 - клапан; 11, 12 - осадочные камеры

Для очистки зерна используют воздушно-ситовые сепараторы, магнитные сепараторы, триеры, очистительно-сортирующие агрегаты, сортирующие сита.

Воздушно-ситовой сепаратор (ВСС) служит для очистки зерна от пыли, а также от примесей, которые отличаются по ширине, толщине и аэродинами-

ческим свойствам (легкая сорная примесь, солома, щуплые зерна зерновых, мелкие семена растений и крупная примесь - камешки, комочки земли). Устройство ВВС ЗСМ приведено на рис. 11.

Сепаратор состоит из станины, к которой подвешен ситовой корпус с наклонными ситами (4, 6, 7). Сита расположены друг над другом.

Зерно поступает в приемную камеру (1), равномерно распределяется по всей ширине сепаратора и через аспирационный канал (2) поступает в ситовой корпус. В аспирационном канале воздух захватывает легкие примеси и пыль и уносит их в осадочную камеру (12). При работе сепаратора ситовой корпус приводится в колебательное движение. Зерно поступает на приемное сито (3), размер отверстий 10-12 мм. Здесь сходом отделяются крупные примеси, а зерно проходит на верхнее рабочее сито (4), где сходом также выделяются грубые примеси. На 6-м и 7-м сите (размер 4-5 мм и 1,5-2 мм) проходит мелкие примеси, а очищенное зерно в аспирационном канале (9) проветривается и удаляется из машины. Легкие примеси собираются в осадочных камерах (11 и 12) и через клапан (10) выводятся.

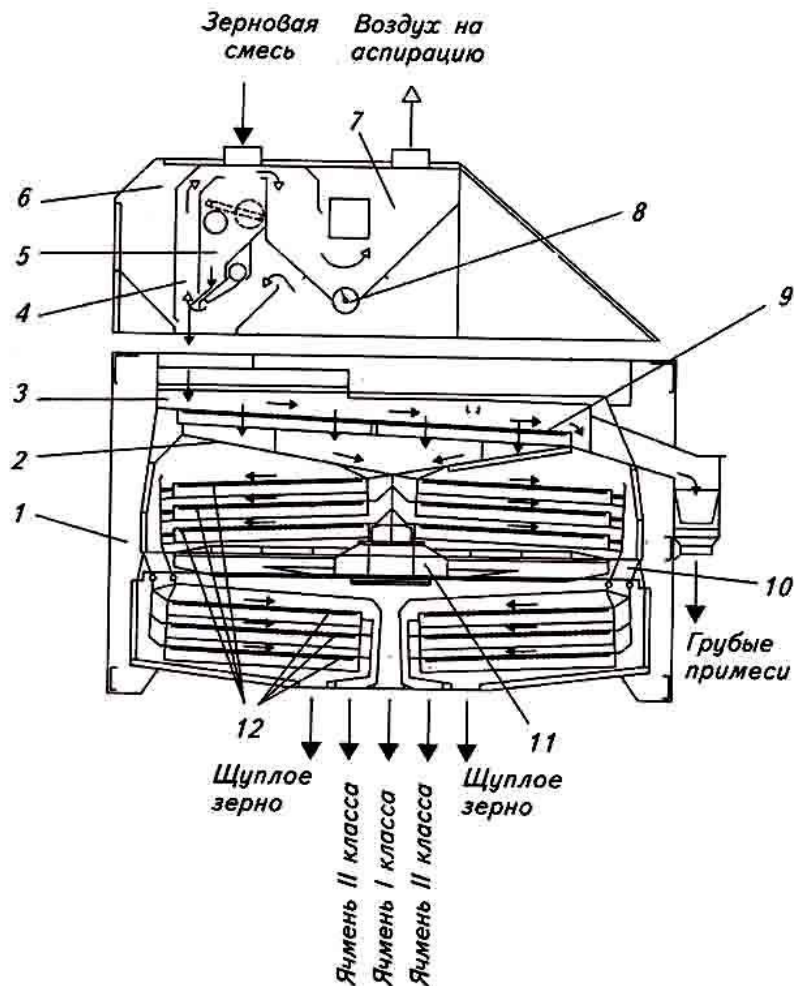


Рис. 12. Устройство сепаратора с плоскими ситами:

- 1 - ситовой корпус; 2 - лоток; 3 - распределяющее устройство; 4 - аспирационный канал;
 5 - дозирующее устройство; 6 - воздушный сепаратор; 7 - осадочная камера; 8 - шнек; 9 - приемное сито;
 10 - механизм переключения режима работы; 11 - привод; 12 - рабочее сито

На крупных солодовенных заводах применяют ВСС с круговым колебанием сит (рис. 12). Они служат не только для очистки, но и для разделения зерна по сортам. Аппарат состоит из ситового корпуса (1), где расположено одно приемное (9) и шесть сортирующих сит (12), и воздушного сепаратора (6), который соединяется с верхней частью ситового корпуса. Механизм переключения (10) служит для переключения работы сортирующей машины: в одном режиме зерно делится на 2 сорта, в другом - на 3 сорта. Распределяющее устройство (3) обеспечивает равномерное распределение на приемном сите. Такие сепараторы имеют производительность на первичной очистке 100 т/час и более.

Для удаления металлических примесей (гвоздей, болтов и др.), которые засоряют зерно, могут повредить рабочие органы машин и транспортеров, вызвать искрение и привести к пожару, применяют *магнитные сепараторы* с постоянными магнитами и электромагнитные.

Сепараторы с постоянными магнитами широко используются в пивоваренном и солодовенном производствах, выполняются в виде подков, стержней, устанавливаются блоками по несколько штук в воздушно-ситовых сепараторах, продуктопроводах или в иных местах на пути движения зерна (рис. 13).

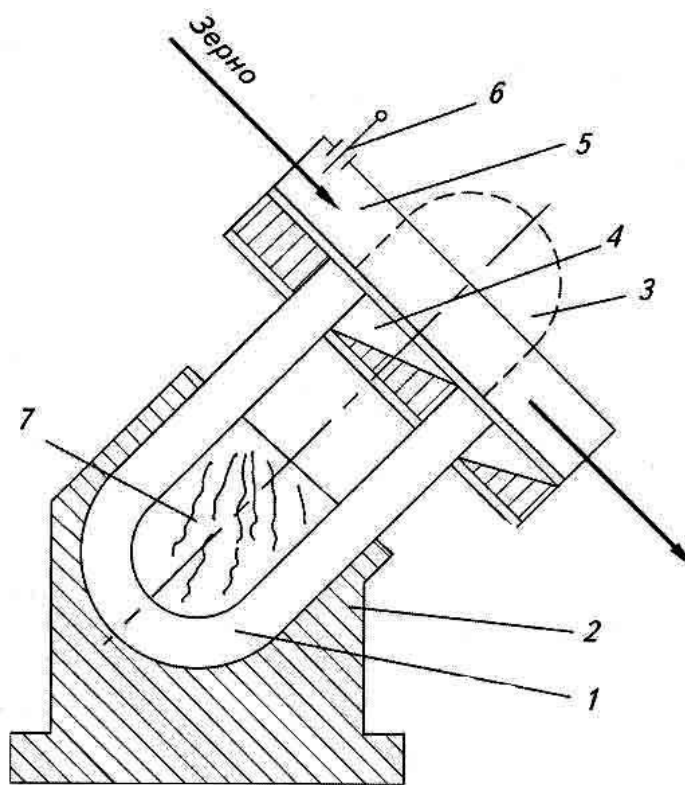


Рис. 13. Магнитный сепаратор на основе постоянного:
1 - магнит; 2 - корпус; 3 - магнитно-силовое поле;
4 - углубление для сбора примесей; 5 - лоток; 6 - шибер; 7 - стержень

Эффективность отделения магнитных примесей зависит от силы притяжения магнитов, скорости, толщины потока зерна. Магнит (1) закреплен в корпусе (2) стержнями (7). Зерно движется по наклонному лотку (5) слоем толщиной не более 10-12 мм со скоростью 0,4-1,5 м/с через магнитное поле (3). Маг-

нит устанавливают под углом 40-45° для обеспечения самотека зерна. Металлические примеси накапливаются в углублениях (4) и периодически удаляются вручную. Подачу зерна регулируют шиббером (6). Производительность таких сепараторов от 1 до 3 т/час.

Большей производительностью обладают *электромагнитные сепараторы* (рис. 14). Сепаратор состоит из корпуса (1) со штуцером для подачи (3) и вывода очищенного зерна (5) и примесей (6). В корпусе находится барабан (2), который вращается, выполнен из материала, не обладающего ферромагнитными свойствами. Внутри барабана находится неподвижный электромагнит (4). Зерно поступает на вращающийся барабан равномерным слоем толщиной до 10 мм со скоростью 0,5-1,5 м/с. Металлические частицы попадают в магнитное поле и притягиваются. При выходе из магнитного поля они собираются в специальном бункере. Производительность таких сепараторов от 4 до 20 т/час. Преимущество таких сепараторов: они обладают более сильным и стабильным магнитным полем, выгрузка примесей производится автоматически.

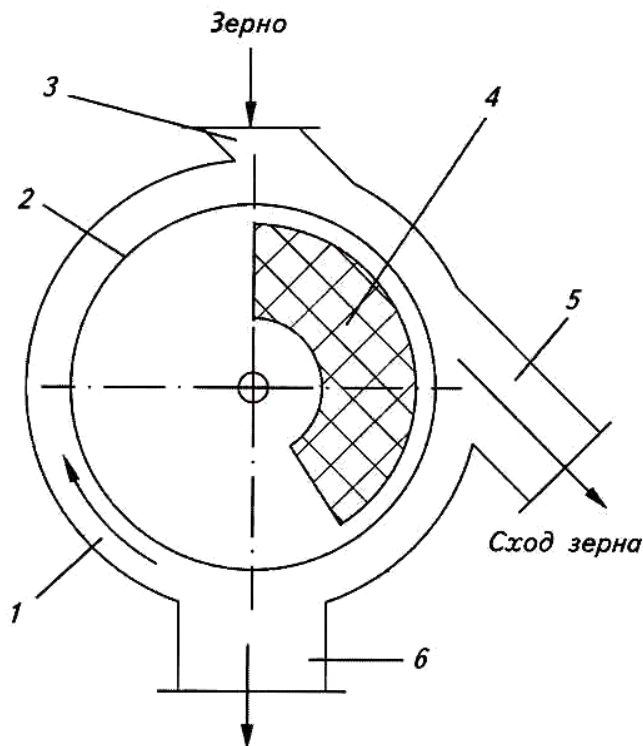


Рис. 14. Устройство электромагнитного сепаратора:
1 - корпус; 2 - барабан; 3 - штуцер для входа зерна; 4 - электромагнит;
5 - штуцер для выхода зерна; 6 - штуцер для отвода примесей

Для отделения от зерна шарообразных примесей, а также примесей, которые отличаются по длине, используют ячеистые очистительные машины - **триеры**. Находящиеся в зерновой массе половинки зерен ячменя могут явиться благоприятной средой для развития плесени при хранении, а семена сорняков остаются в свежепроросшем солоде и могут придавать неприятный вкус пиву. По технологическому назначению триеры классифицируются на куколеотборники и овсюгоотборники.

Куколеотборники отбирают из зерновой массы примеси, у которых длина меньше, чем зерно ячменя (куколь, гречишку, половинки зерен, шаровидные семена и др.).

Овсюгоотборники выделяют из зерновой массы примеси, которые длиннее ячменного зерна (овес).

По конструктивному признаку триеры разделяют на цилиндрические и дисковые.

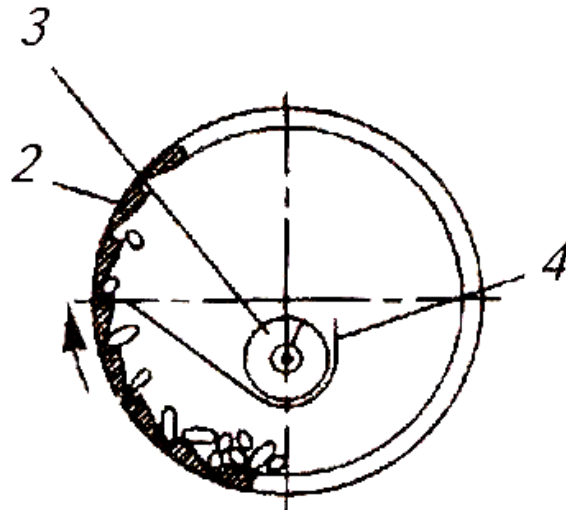


Рис. 15. Устройство цилиндрического триера:
2 - ячеистый цилиндр; 3 - шнек; 4 - лоток

Рабочим органом *цилиндрического триера* (рис. 15) является вращающийся цилиндр (2) диаметром 400-700 мм и длиной 1-3 м, на внутренней стороне которого имеются штампованные углубления - ячейки. Диаметр ячеек куколеотборочного триера 6,25-6,5 мм, а овсюгоотборочного при отделении ячменя - 9,5-10,0 мм. При вращении цилиндра короткие и шарообразные зерна попадают в ячейки (в куколеотборниках - половинки зерен и куколь, в овсюгоотборниках - ячмень), поднимаются на определенную высоту, высыпаются в лоток (4) и удаляются из триера при помощи шнека (3). Длинные же зерна не попадают в ячейки и высыпаются, не доходя до лотка. Подача зерна непрерывная.

Дисковые триеры отличаются тем, что рабочая поверхность имеет форму вертикально вращающихся дисков с ячейками в виде карманов на боковой поверхности (рис. 16). Зерно непрерывно подается через приемное устройство (1). При вращении дисков ячейками захватывается зерно в зоне I, при повороте длинные зерна выпадают (зона II) и возвращаются в общую массу, а короткие частицы поднимаются на большую высоту (зона III) и щитком (3) удаляются из триера. Под щитком установлен шнек (4). Дисковые триеры более компактны и производительны, но имеют недостатки: шелушение зерна за счет трения дисков; чувствительность к твердым примесям (песку).

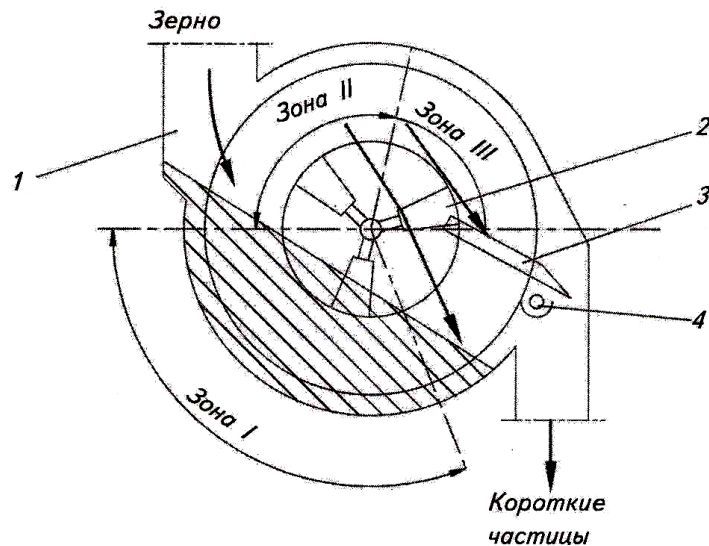


Рис. 16. Устройство дискового триера:

1 - приемное устройство; 2 - спицы диска; 3 - щиток; 4 - шнек

Если в отходах находится много полноценных зерен, то лоток устанавливают выше, в направлении вращения барабана. Если в зерне остаются семена сорняков или половинки зерен, то лоток опускают.

Для разделения зерна по сортам используют цилиндрические или плоские сита, которые располагают в виде барабанов или горизонтально друг над другом. Зерно, соприкасаясь с поверхностью ячеистого цилиндра, проходит сквозь отверстия и делится на фракции. По величине ячмень разделяют на 3 сорта: *1-й сорт* - пивоваренный с толщиной зерен более 2,5 мм; *2-й сорт* - тоже пивоваренный с толщиной зерен 2,2-2,5 мм; *3-й сорт* - отходы, не пригодные для солодоращения, - кормовой ячмень с толщиной зерен менее 2,2 мм.

Проходом через первое сито (с отверстиями 2,2 мм) пройдут щуплые зерна - 3-й сорт, а зерна средней величины и более крупные сходом поступают на второе сито. Проходом сквозь второе сито (с отверстиями 2,5 мм) пройдут зерна средней величины - 2-й сорт, а сходом со второго сита крупные зерна - 1-й сорт. Зерно 1-го и 2-го сорта перерабатывается на солод отдельно.

При сортировании зерна должны соблюдаться требования: в 1-м сорте может быть 3-5 % зерен 2-го сорта; во 2-м сорте не должно быть зерен 1-го сорта и допускается содержание 1-2 % зерен ячменя 3-го сорта; в отходах или 3-м сорте не должно быть сортового зерна.

Контроль за качеством сортирования проводит заводская лаборатория при помощи сит Фогеля с размерами отверстий 2,8; 2,5 и 2,2 мм.

Наряду с отдельными машинами при очистке зерна используются агрегаты, в которых производится одновременно в определенной последовательности несколько операций по очистке и сортированию зерна. Примером является ОСА - *очистительно-сортировочный агрегат* (рис. 17), который состоит из дискового триера и набора сит. Он выполняет также и технологические функции воздушно-ситового сепаратора, т.к. кроме сортирования зерно еще и продувается потоком

воздуха, что позволяет удалить легкие примеси. При сортировании ячмень делится на 5 фракций: 1-й, 2-й, 3-й сорт, отходы с триера и мелкие примеси.

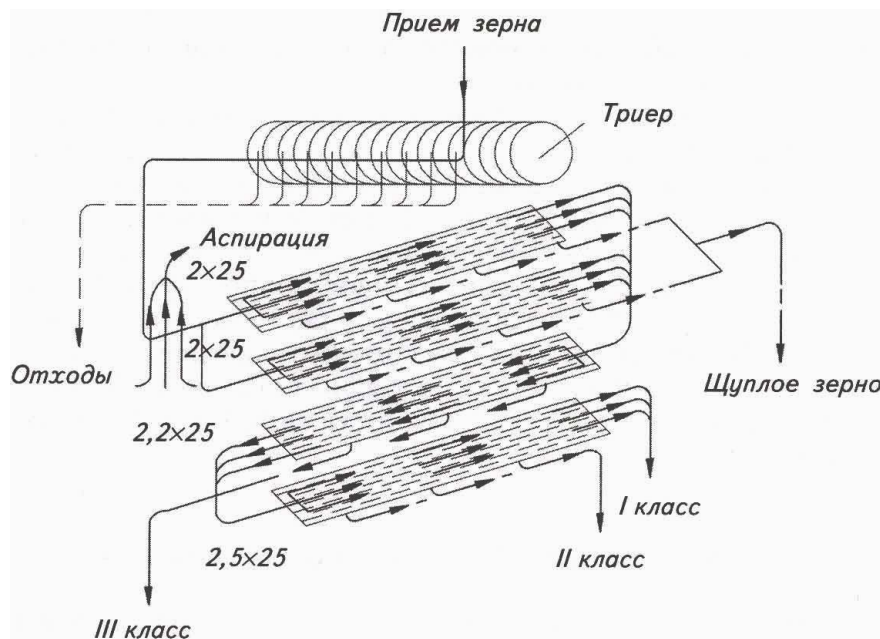


Рис. 17. Очистительно-сортировочный агрегат

При транспортировке, очистке и сортировке зерна образуется большое количество пыли, которую необходимо удалять для поддержания чистоты воздуха, избежания взрыва пыли, уменьшения износа машин, исключения инфицирования солодовни. Поэтому оборудование для приема, транспортировки, чистки и сортировки зерна должно быть оснащено системами аспирации - принудительным отводом запыленного воздуха от машин, механического транспорта и других очагов образования пыли с помощью вентиляторов. Скорость воздушного потока должна быть не ниже 20 м/с.

Запыленный воздух перед выбросом в атмосферу очищается с помощью пылеулавливающих рукавных фильтров, которые бывают двух типов: работающие под давлением и всасывающие. Последние обеспечивают лучшее удаление пыли. Фильтры работают при разрежении 30-40 кПа. Воздух поступает снизу в рукава, проходит через фильтрующую синтетическую ткань и сверху отсасывается. Пыль удаляется с помощью сжатого воздуха. Количество пыли, остающейся в очищенном воздухе, составляет 0,02 %.

4. Процессы, происходящие при хранении

Для бесперебойной работы солодовенного завода должен быть создан определенный запас ячменя, который хранится в зернохранилищах.

На процессы, происходящие при хранении, влияют физические свойства зерновой массы: теплопроводность, гигроскопичность, скважистость и сыпучесть. Эти свойства подробно рассмотрены в учебном пособии «Общая технология отрасли» [11].

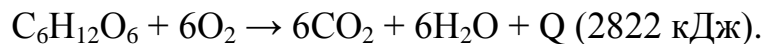
В процессе хранения в зерне протекают *физиологические и биохимические процессы* (дыхание, послеуборочное дозревание).

Многообразии процессов, которые протекают в зерновой массе, зависит от *влажности, температуры и доступа воздуха*.

Влага в зерне находится в свободном и связанном состоянии. Связанная влага прочно удерживается с белками, крахмалом и не может перемещаться из клетки в клетку. В обменных процессах она не участвует. При повышении влажности больше критической появляется свободная влага. Она либо совсем не удерживается коллоидами зерна, либо удерживается очень слабо, и перемещается из клетки в клетку, участвуя в гидролитических процессах. Соотношение между свободной и связанной влагой постоянно меняется, и, следовательно, изменяется характер и интенсивность биохимических процессов. Влажность зерна, при которой появляется свободная влага, называется *критической* (для зерновых культур - 14,5-15,5 %). Если влажность меньше 14,5 %, то все жизненные процессы сведены до минимума. Такое зерно может храниться высоким слоем (до 10 м и более). С увеличением влажности интенсивность дыхания увеличивается. При повышении влажности на 6 % дыхание усиливается в 20 раз. На интенсивность дыхания влияют также и микроорганизмы, находящиеся в зерне, которые дышат и размножаются.

С повышением температуры интенсивность дыхания возрастает в 2,0-2,5 раза на каждые 10 °С.

Дыхание осуществляется под действием комплекса ферментных систем. При наличии кислорода - дыхание аэробное, оно описывается суммарным уравнением:



Интенсивность дыхания регулируется количеством выделяемого CO_2 . В зависимости от влажности зерна и температуры хранения количество выделяемого CO_2 различное. При влажности зерна 14,0-14,5 % и температуре 18 °С количество выделяемого CO_2 составляет 1,4 мг/сутки, если температура 30 °С - то 7,5 мг/сутки; если влажность 17 %, а температура 18 °С - 123 мг/сутки.

Если кислорода не хватает, то происходит анаэробное дыхание. Конечными продуктами являются, в частности, спирт и CO_2 , энергии выделяется намного меньше:



Образующийся спирт и CO_2 накапливаются в зерне, и оно теряет прорастаемость. Поэтому при хранении зерна необходимо вентилирование для удаления всех ингибирующих веществ. Оба вида дыхания протекают при хранении в производственных условиях

Выделяемая при дыхании зерна влага задерживается на поверхности зерна, активизирует процессы обмена и способствует развитию микроорганизмов. Часть выделившейся при дыхании энергии используется для обменных процессов, а неиспользуемая отводится в виде тепла, задерживается зерновой массой,

ввиду ее малой теплопроводности, и может стать причиной самосогревания. **Самосогревание** - повышение температуры зерновой массы вследствие протекающих физиологических процессов и плохой теплопроводности.

Различают 3 стадии самосогревания:

1. Температура повышается до 24-30 °С. Появляется амбарный запах, отдельные потемневшие зерна, на поверхности зерна выделяется свободная влага.

2. Температура на 3-7 дней повышается до 34-38 °С. Появляется солодовый запах. Зерно отпотеваает, темнеет. Накапливаются растворимые углеводы, повышается кислотность, появляется спирт, начинается процесс тепловой денатурации белков.

3. Температура повышается до 50 °С и выше. Снижается сыпучесть, появляется гнилостный затхлый запах. Цвет становится темно-коричневым. Зерно слеживается в глыбы. Активно действуют гидролитические ферменты, происходит распад органических веществ зерна. Выделяется аммиак, начинается процесс гниения. Дальнейшее нагревание массы замедляется, т.к. снижается интенсивность дыхания.

Зерно 2-й и 3-й стадии самосогревания не пригодно для пивоварения. Для предотвращения этого проводят сушку, проветривание и охлаждение зерновой массы.

Послеуборочное дозревание. Свежеубранное зерно не может быть использовано сразу для производства солода, так как находится в состоянии покоя и имеет пониженную прорастаемость. Период, в течение которого ячмень выходит из состояния покоя, называется *периодом послеуборочного дозревания*. Причиной низкой всхожести ячменя является наличие в оболочке ингибиторов прорастания (кумарины, фенолы). Они затрудняют доступ кислорода к зародышу и снижают водопроницаемость оболочки. При дозревании эти вещества окисляются, распадаются, снижается водочувствительность, повышается прорастаемость зерна.

Во время послеуборочного дозревания изменяется активность ферментов, биохимический состав зерна, его физико-химические свойства. Происходит синтез крахмала из сахаров, белков из аминокислот, уменьшается количество аминного азота и водорастворимых веществ.

Продолжительность дозревания составляет 6-8 недель. Этот период можно искусственно сократить. Для этого используют следующие способы:

1. Нагревание зерна до 40 °С ускоряет окисление ингибиторов проращивания.

2. Обработка зерна химическими препаратами (1 % H_2O_2 , 0,5 % раствор сернистой кислоты) ускоряет окислительные процессы.

3. Удаление оболочки зерна или нарушение ее целостности в области зародыша ускоряет проникновение кислорода внутрь.

Оптимальные условия хранения зерна: влажность до 14,5 %; температура 0-15 °С.

5. Способы хранения

Существует 3 основных способа хранения: *напольное, закромное и силосное.*

Напольное хранение - естественный способ - предусматривает хранение насыпью или в мешках, которые укладываются друг на друга для рационального использования площади или тонким слоем до 1,5 м. Применяется на небольших предприятиях или для хранения небольших партий. Для аэрации зерно перелопачивают. Это также способствует охлаждению и удалению продуктов обмена. Такие хранилища обычно располагаются на верхних этажах, т.к. имеется естественная воздушная тяга.

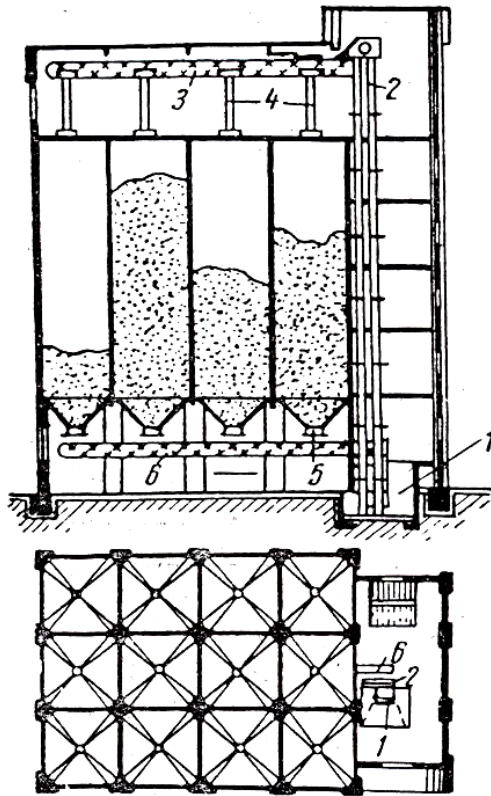


Рис. 18. Схема силосного элеватора:

1 - приемный бункер; 2 - нория; 3 - надсилосный транспортер;
4 - распределительные трубы; 5 - разгрузочная воронка; 6 - подсилосный транспортер

Закромное хранение - хранение в отгороженном месте (закроме). Оно ограждается разъемными стенками из досок, высота стенок 1,5-2,5 м. Дно горизонтальное или под углом 35° к месту выпуска зерна. Загрузка и выгрузка проводится передвижными транспортерами или пневмотранспортом. Закром разбивают на отсеки для хранения разных партий. Проветривание осуществляют при перемещении зерна из одного отсека в другой.

Силосное хранение - разновидность закромного хранения - состоит из приемного устройства, рабочей башни, где производится очистка зерна, и силосного корпуса, где зерно хранится (рис. 18).

Силосный корпус делится на 3 части: *подсилосный этаж* (высота 3,5-5,0 м, служит для загрузки зерна), *силосы* (высота 20-30 м, служат для хранения), *надсилосный* (высота 3,5 м, служит для выгрузки зерна). Силосы бывают круглого (диаметр 6-9 м) или квадратного (3х3 м) сечения. Расположение их может быть рядовое или шахматное (рис. 19). Ячейки неплотно прилегают друг к другу и образуют дополнительные емкости для хранения зерна (звездочки).

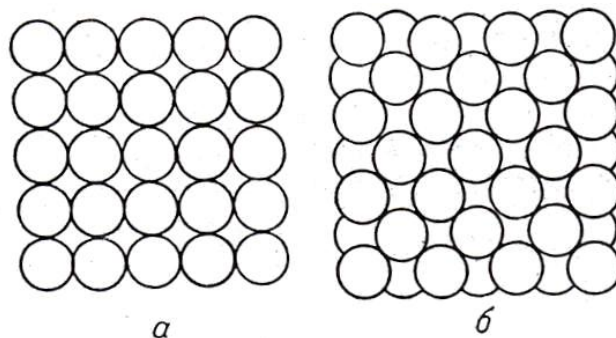


Рис. 19. Схема расположения силосов:
а - рядовое; б - шахматное

Вместимость одной силосной ячейки составляет 400-600 т. Общая вместимость современных элеваторов от 12 до 150 тыс. т.

Большинство силосов изготавливают из железобетона, но есть и стальные. Они дешевле, но сталь имеет высокую теплопроводность, поэтому при хранении в таких силосах возможно отпотевание зерна около стенок.

Преимущества силосного хранения: механизация всех операций; лучшая изоляция зерна от воздействия внешней среды; упрощение борьбы с вредителями; исключение доступа грызунов.

Недостатки: нельзя хранить влажное зерно, т.к. оно слеживается и легко подвергается самосогреванию; можно хранить зерно только сухое и средней сухости (влажность 12-15 %).

При хранении зерна контролируют температуру и влажность зерновой массы. Температура измеряется термоштангами или стационарными электротермоустановками. Зимой температура равна температуре наружного воздуха или на 2-3 °С выше, летом должна быть - не выше 20 °С. В процессе хранения проводят усиленный воздухообмен (*активное вентилирование*). *Сущность активного вентилирования* - пропускание через толщу зерновой массы снизу вверх воздуха, нагнетаемого вентилятором. Для этого имеются вентиляционные отверстия в нижней части силоса. Используя сухой воздух, можно снизить относительную влажность в межзерновом пространстве и даже подсушить зерно. Для вентилирования можно также рекомендовать перекачивание зерна из силоса в силос или звездочки при помощи транспортеров или пневмотранспорта. Но перекачивать нужно только в хорошо проветренные силоса. Потери при хранении зерна от 3-х месяцев до 1-го года за счет естественной убыли составляют от 0,05 до 0,095 %.

6. Сушка зерна

Если влажность поступающего зерна выше 17 %, то зерно необходимо подсушить. Для этого используют специальные зерносушилки, а при их отсутствии можно использовать имеющиеся солодосушилки.

Сушку следует проводить теплым воздухом, чтобы не понизить прорастаемость. Температура сушки зависит от влажности: чем выше влажность, тем ниже температура, т.к. влажный ячмень очень чувствителен к повышению температуры. При непрерывном вентилировании температура воздуха может быть повышена до 80 °С, но температура в слое зерна не должна быть выше 45 °С, т.к. это приведет к снижению всхожести. Также опасно и понижение влажности ниже 10 %. Оптимальная влажность для хранения зерна - 12-13 %. При таком способе сушки расходуется большое количество воздуха (до 1000 м³/ч*т).

Для ускорения сушки и снижения расхода тепла применяется осциллирующий режим сушки. При этом температура на короткий период повышается до 65 °С, затем происходит охлаждение зерна за счет самоиспарения.

Для сушки используются шахтные сушилки, в которых зерно движется сверху вниз и обдувается потоком воздуха, в нижней части - охлаждается.

Не всегда эффективно иметь сушилки, особенно на небольших предприятиях. Для непродолжительного хранения влажного зерна можно рекомендовать следующие способы:

1. **Применение искусственного холода** - при этом снижается жизнедеятельность как зерна, так и микроорганизмов.

2. **Хранение в регулируемой газовой среде (РГС)**, обогащенной азотом (до 95 %) и обедненной кислородом. При этом уменьшается активность микробиологических и физико-биохимических процессов. Зерно с влажностью 20 % может храниться в таких условиях до 3-х месяцев. Для этого используют надувные пленочные хранилища.

3. **Химическое консервирование** - использование препаратов на основе пропионовой кислоты. При этом понижается рН, частично погибают микроорганизмы, уменьшается интенсивность физиологических процессов в зерне. При обработке зерна влажностью 20 % пропионовой кислотой в концентрации 0,3 % к массе зерна качество его сохраняется при хранении до 2-х месяцев.

Несмотря на имеющиеся способы краткосрочного хранения, влажное зерно должно быть переработано в первую очередь.

7. Вредители зерна

Вредители попадают в зерно уже в поле или во время хранения. К первым относятся растительные паразиты: головня и спорынья. Спорынья в виде мицелия грибка попадает в ячмень и затем в солод. Также вредителями являются и плесени хранения, о которых было сказано ранее (см. раздел 1.2 п.п. «Микрофлора ячменя»). Вредители, которые наносят вред при хранении зерна: долгоносик, клещи, моль, грызуны, птицы.

Амбарный долгоносик - это жучок с характерным строением головы, вытянутой в виде трубочки, которая называется носиком. Длина его 2,5-4,5 мм, окраска - темно-коричневая. Температура развития 22-25 °С. Женская особь просверливает в зерне отверстие, откладывает яйца в эндосперме со стороны зародыша и заклеивает отверстие. Образующаяся из яйца личинка пожирает эндосперм, затем превращается в куколку, потом в долгоносика. Он после короткого периода покоя (около 30-ти дней) просверливает оболочку и покидает пустое зерно. Это наиболее опасный вредитель зерна, может жить от 3-х до 8-ми месяцев. При передвижении зерновой массы долгоносик замирает, и отличить его от мертвого очень трудно. Жуки избегают света и боятся сквозняков. В зерновой массе собираются в более теплых участках, при хранении - в верхних слоях. Переносится, в основном, с тарой и транспортными средствами. Борьба с долгоносиком очень трудная, поэтому зерно, зараженное долгоносиком, к приемке не допускается.

Клещ - мелкое животное класса паукообразных. Клещи трудно различимы невооруженным глазом, их размер не более 1 мм. Любят тепло и влагу, поэтому поражается им только влажное зерно. Оптимальная температура их развития 18-22 °С.

Наиболее распространенными вредителями зерна являются мучной и обыкновенный волосатый клещ. При температуре 15 °С мучной клещ погибает в течение суток, а волосатый - через трое. Самки откладывают яйца, в которых развиваются личинки, а затем клещи. Цикл их развития 14 суток. Клещи повреждают зародыш, в результате чего зерно теряет всхожесть. Можно принимать зерно, зараженное клещом в 1-й стадии.

Зерновая моль - бабочка длиной 4-6 мм с серебристыми блестящими крыльями, на которых имеются темно-коричневые и черные пятна. На поверхности зерен бабочка откладывает яйца, из которых образуются гусеницы, они прогрызают оболочку, могут проникать внутрь зерна. Окукливаются гусеницы с помощью выделяемой ими липкой жидкости, это приводит к слипанию зерен. Перед окукливанием гусеница надгрызает оболочку и подготавливает выход для бабочки. При развитии моли снижается масса и качество зерна.

Мышевидные грызуны - серая и черная крыса, домовая мышь - способны уничтожать большое количество зерна. Наиболее опасна серая крыса. Она съедает в год до 25-ти кг. Крысы не только уничтожают зерно, но и повреждают постройки. Мыши наносят аналогичный вред.

Птицы - голуби и воробьи, зерно - их основной корм. За сутки съедают до 50-ти г зерна, не только уничтожают зерно, но и засоряют его экскрементами, удалить которые практически невозможно. Образуют стаи и нападают на зернохранилища. Переносят насекомых и клещей, т.е. заражают зерно.

Меры предупреждения появления вредителей:

1. Очистка и проветривание хранилищ. Перед приемкой зерна - влажная дезинфекция с помощью известково-керосиновой эмульсии, диоксидом серы и др.
2. Проверка поступающего зерна на зараженность зерновыми вредителями. Очистка зерна перед закладкой на хранение, контроль отходов.
3. Контроль транспортных средств и тары на поражение долгоносиком.

4. Контроль температуры зерна при хранении.

5. Перемещение и вентиляция зерна.

Меры борьбы с вредителями:

1. Нагревание пораженного зерна до температуры 50 °С в течение 10-15 мин (при этом долгоносик погибает) или охлаждение (при температуре 8 °С прекращается размножение долгоносика, а при 0 °С он погибает).

2. Применение химических средств: сероуглерода, четыреххлористого углерода, дихлорэтана, хлористого метила и др. После обработки эти яды должны удаляться из зерна. Необходимо следить за соблюдением ПДК этих веществ в ячмене.

3. Для уничтожения грызунов проводят газовую дератизацию, используют приманки (бродифакум, флюкумафен, этилфенацин и др.), разрешенные Минздравом РФ.

4. Для борьбы с вредом от птиц следует убирать отходы, очищать территорию, исключать доступ в хранилища.

Контрольные вопросы:

1. Как производится доставка и приемка зерна?
2. В чем особенность технологической схемы очистки и сортирования?
3. Какие примеси содержатся в ячмене?
4. На чем основаны основные принципы очистки и сортирования зерна?
5. Как производится очистка зерна с помощью воздушно-ситовых сепараторов?
6. С какой целью используются магнитные сепараторы?
7. Какие примеси можно удалить с помощью триеров?
8. Как производится сортирование зерна?
9. Какие требования предъявляются к работе зерноочистительного оборудования?
10. С какой целью, где и какое устанавливается аспирационное оборудование?
11. Что является причиной самосогревания зерна?
12. С какой целью проводят послеуборочное дозревание?
13. Какие процессы протекают при хранении зерновой массы?
14. Какие существуют способы хранения зерна?
15. В чем преимущества и недостатки силосного хранения?
16. Как и в каком случае производится сушка зерна?
17. Как можно продлить срок хранения влажного зерна?
18. Как осуществляется контроль качества зерна при хранении?
19. Какие вредители появляются при хранении зерна?
20. Какие меры применяются для борьбы с зерновыми вредителями?

2.2. ЗАМАЧИВАНИЕ ЯЧМЕНЯ

1. Процессы, происходящие при замачивании
2. Факторы, влияющие на замачивание
3. Способы замачивания
4. Контроль процесса замачивания
5. Оборудование и размещение замочного отделения

1. Процессы, происходящие при замачивании

Зерно до влажности 14,5 % находится в состоянии покоя. Эта влага необходима ему для построения клеток и тканей и поддержания на минимуме жизненных процессов. Чтобы зародыш начал прорасти, необходимо повысить влажность до 30-50 %. Эта влага подводится к зерну при замачивании и называется *вегетационной*. Она обеспечивает растворение питательных веществ и перемещение их к зародышу. Основная *цель замачивания* - доведение зерна до необходимой влажности.

Поглощение воды происходит, в основном, через сосуды на кончике зерна, где открыта мякинная оболочка. Благодаря этому в начале замачивания зародыш поглощает воду быстрее, чем остальные части зерна. Поглощению воды способствуют капиллярные каналы, пустоты, воздушные прослойки. Через мякинную оболочку вода проникает незначительно, т.к. клеточные стенки толстые и пропитаны кремнеземом. Эндосперм отличается слабой межмолекулярной диффузией и впитываемостью влаги из-за содержания крахмала. Алейроновый слой также трудно проводит воду. За счет поглощения воды и осмотического давления внутри клеток коллоиды набухают и зерно увеличивается в объеме. При средней влажности зерна 38 % влажность зародыша составляет 56 %, алейронового слоя - 36,5 %, эндосперма - 35 % и мякинной оболочка - 47 %.

Поглощение воды зерном происходит неравномерно: в первые часы - с большой скоростью, затем замедляется. Это происходит вследствие того, что вода поступает в пустоты и трахеиды под мякинной оболочкой и задерживается полупроницаемой семенной, которая пропускает внутрь зерна только воду. Семенная оболочка содержит ингибиторы прорастания, которые при замачивании выщелачиваются, окрашивая воду в желтый цвет. Для полного их удаления необходима 5-6-кратная смена воды.

При замачивании происходит и очистка поверхности ячменя от загрязнений и посторонних микроорганизмов. Ионы, содержащиеся в воде, усиливают или ослабляют этот процесс. Положительно действуют щелочные добавки: гашеная известь или насыщенная известковая вода ($1,3 \text{ кг/м}^3$), NaOH ($0,35 \text{ кг/м}^3$), каустическая сода ($0,9 \text{ кг/м}^3$). Они способствуют выщелачиванию из оболочек горьких и дубильных веществ. Эффективно влияет на мойку и дезинфекцию CaCl_2 , но возможно ухудшение качества солода. Можно использовать формальдегид ($1,5 \text{ кг/т}$ зерна), при этом снижаются потери сухих веществ. Перекись водорода действует как окислитель и улучшает процесс очистки ($3 \text{ дм}^3/\text{м}^3$). Наи-

более часто применяется марганцовоокислый калий (10-15 г/м³). Он не только способствует улучшению мойки, но и ускоряет процесс солодоращения.

Потери, образующиеся за счет удаления пыли, загрязнений и легковесных зерен, называются **потери на слав** и составляют от 0,1 до 1,0 %. В воду при замачивании переходят водорастворимые вещества: сахара, пентозаны, азотистые, минеральные вещества, дубильные и горькие вещества оболочек, которые называются **потери на выщелачивание**, они составляют около 0,6 %. Общие потери при замачивании составляют в среднем 0,7-1,5 %.

2. Факторы, влияющие на замачивание

Замачивание во многом определяет качество получаемого солода. Основные факторы, влияющие на замачивание: температура, размер зерна, химический состав, условия выращивания, солевой состав воды, наличие кислорода.

Температура - основной фактор, влияющий на замачивание. С повышением температуры повышается набухаемость белков, крахмала, клетчатки, возрастает скорость диффузии воды из-за увеличения молекулярного движения. В результате этого продолжительность замачивания сокращается.

Различают: холодное, нормальное, теплое и горячее замачивание.

Холодное замачивание: температура ниже 10 °С, тормозится рост и развитие зерна.

Нормальное замачивание: температура 10-15 °С - оптимальный режим замачивания, при температуре выше 15 °С интенсивно развиваются посторонние микроорганизмы и снижается растворение кислорода, необходимого для роста зародыша.

Теплое замачивание: температура 20-25 °С, может использоваться в холодный период в качестве первой замочной воды для прогревания зерна, это способствует дальнейшему ускоренному поглощению воды, но необходимо проводить тщательную дезинфекцию.

Горячее (Моуфанг-замачивание): температура 30-40 °С, продолжительность 15-30 мин с добавлением 0,15 %-го раствора калийной селитры, чтобы интенсивно промыть зерно и обеспечить выщелачивание горьких и дубильных веществ из оболочек. После этого горячая вода вытесняется холодной (температура около 10 °С), чтобы не было повреждения зародыша. Применяется в зимний период для подогрева зерна.

Размер зерна. Крупные зерна поглощают воду медленнее, чем мелкие и плоские из-за того, что удлиняются пути прохождения воды внутри зерна. Одинаковая степень замачивания зерна диаметром 2,8 мм наступает на 25 час позднее, чем зерна 2,2 мм. Для равномерности каждый сорт замачивают раздельно.

Химический состав зерна. Исходная влажность не влияет на продолжительность замачивания. Мучнистые зерна поглощают влагу быстрее, чем стекловидные. Белки обладают высокой способностью к набуханию, крахмал набухает более медленно. Поэтому замачивать следует однородное по составу зерно.

Условия выращивания. Ячмень, выращенный в сухом и жарком климате, а также не достигший своей зрелости, замачивается труднее, чем выращенный в средней полосе, в условиях умеренной влажности.

Солевой состав воды. В воде с высокой жесткостью замачивание замедляется, при этом из оболочек выщелачивается больше дубильных веществ, т.к. соли кальция вступают с ними во взаимодействие и понижают растворимость дубильных веществ, образуются соединения коллоидной структуры, которые оседают в виде пленки на оболочке, и процесс замачивания замедляется. Соли железа могут давать осадки в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и химически связываться с дубильными веществами оболочек, придавая зерну бурый цвет. При использовании щелочной воды (3-4 мг экв/дм³) скорость поглощения воды зерном увеличивается.

Наличие кислорода. С повышением влажности усиливается процесс дыхания и потребность в кислороде. В 1 дм³ воды находится 15-17 мг кислорода, а для дыхания зерна в течение 1-го часа необходимо 63 мг, т.е. кислорода, который растворен в воде, хватит зерну только на 15 мин, после этого может наступить анаэробное дыхание. При этом образуются спирт, побочные продукты (альдегиды, кислоты, эфиры), они угнетают развитие зародыша, ухудшается прорастаемость, снижается ферментативная активность.

Содержание спирта в количестве 0,1 % угнетает развитие зародыша, а 0,8 % - полностью подавляет его рост. Для исключения этого применяется аэрация зерна.

Даже при нормальной аэрации в начальный момент замачивания зерно претерпевает легкое спиртовое брожение за счет того, что поступление его к зародышу задерживается плодовой и особенно семенной оболочками. Это происходит до тех пор, пока не появится росток. При этом зародыш вступает в контакт с наружным воздухом, и накопленный спирт исчезает в результате окисления.

В процессе дыхания взамен молекулы поглощенного O_2 выделяется одна молекула CO_2 (согласно уравнению дыхания). Отношение образовавшегося диоксида углерода к количеству потребленного кислорода называется *дыхательным коэффициентом* (ДК). При окислении сахаров ДК = 1; при окислении жиров ДК < 1; при окислении белков и органических кислот и при анаэробном дыхании ДК > 1. Процесс дыхания осуществляется под действием комплекса ферментов из класса оксидаз. В результате дыхания сжигается часть углеводов - потери на дыхание, они составляют 0,5-1,0 %.

Для насыщения зерна кислородом существуют воздушные паузы. В этот период следует максимально удалить CO_2 , в противном случае возрастает выделение CO_2 и ДК становится больше 1. При этом зерно быстро поглощает воду, перенасыщается водой, начинается процесс гниения и плесневения. Подвод кислорода необходим особенно в начальный период замачивания, когда протекает биологическая фаза роста зерна, процесс развития зародыша. В этот период количество кислорода должно быть в 3 раза больше, чем количество образовавшегося CO_2 .

3. Способы замачивания

В настоящее время в практике применяют следующие способы замачивания: воздушно-водяное; в непрерывном токе воды и воздуха; оросительное; воздушно-оросительное; с длительными воздушными паузами; способ перезамачивания; с учетом физиологических особенностей зерна.

Воздушно-водяное замачивание - попеременная выдержка зерна под водой (водяное в течение 4-6 час) и без воды (воздушное в течение 6-8 час). Для снабжения кислородом и удаления избытка диоксида углерода подается воздух каждый час в течение 10-ти мин и 1 раз в смену в течение 40 мин.

Продолжительность замачивания для светлого солода 48-72 час, для темного - 72-96 час. В данном способе мойка отдельно может не проводиться, а совмещается с замачиванием.

Замачивание в непрерывном токе воды и воздуха: после мойки зерна в аппарат подается вода, насыщенная воздухом. Для этого на трубопроводе устанавливается смеситель для воды и воздуха, в конусной части аппарата находится барботер. Воду подают снизу через барботер в таком количестве, чтобы на поверхности воды были видны выделяющиеся пузырьки воздуха.

Продолжительность замачивания в зависимости от вида солода составляет от 40 до 70-ти час.

Оросительное замачивание. Способ применяют в аппаратах с небольшой высотой (до 1,5 м), т.к. в слое более 2 м возникает проблема отвода выделяемой зерном теплоты и диоксида углерода. Аппараты должны быть с плоским днищем. Способ может быть реализован в солодорастильных аппаратах. После мойки и дезинфекции зерно выдерживают под водой 6-8 час. Затем воду сливают и непрерывно орошают зерно через форсунки. Вода проходит через массу зерна, увлажняет его, доставляет кислород и уносит с собой образовавшийся диоксид углерода. При этом происходит непрерывная аэрация зерна, обеспечивается нормальное дыхание, а впоследствии и прорастание.

Воздушно-оросительное замачивание - чередование орошения зерна с аэрацией во время воздушных пауз. Проводится, в основном, в солодорастильных ящиках, увлажнение зерна происходит путем периодического орошения через распылительные форсунки. После мойки и дезинфекции зерно перегружают в солодорастильный ящик, выравнивают слой и ворошат через каждые 4-5 час, одновременно орошая водой. Во время воздушных пауз отсасывают CO₂. После каждого орошения зерно продувают кондиционированным воздухом в течение 20-25 мин. Продолжительность замачивания 35-45 час. Способ создает оптимальные условия для зерна, т.к. при влажности 27-30 % зерно начинает прорастать, после этого зерно легко поглощает воду. Поэтому целесообразно сочетать замачивание и проращивание в одном аппарате.

Замачивание с длительными воздушными паузами широко распространено за рубежом и называется *пневматическим замачиванием*. В нашей стране этот способ разработан для водочувствительных ячменей. Для ускорения роста зародыша необходимо снабжение его кислородом и сокращение времени пребывания зерна под водой. Воздушные паузы составляют 50-80 % замачивания.

Из-за того что влага, которая осталась на поверхности зерна после орошения, всасывается зерном в течение 10-20 час, воздушные паузы могут быть увеличены до этого времени. Поверхностная влага способствует равномерному замачиванию и приводит к снижению общей продолжительности замачивания и ускорению прорастания. Для данного способа характерен быстрый рост корешков. Это может привести к большим потерям, поэтому необходим строгий контроль за процессом замачивания. Продолжительность замачивания составляет 36-54 час. Способ может быть реализован как воздушно-водяное замачивание с длительными воздушными паузами, так и воздушно-оросительное с длительными воздушными паузами.

Способ перезамачивания - усовершенствованный способ пневматического замачивания, имеет много вариантов, но в большинстве случаев реализуется следующим образом. После обычного замачивания в течение 24-28 час при влажности зерна 38 % его перегружают в солодорастильные аппараты, где оно проращивается в течение 48-ми час. Затем повторно замачивают в течение 12-ти час в солодорастильном аппарате. На первом этапе замачивания ячмень обеспечивается достаточным количеством влаги и кислорода для дальнейшего проращивания. При повторном замачивании активизируются ферментные системы. Продолжительность замачивания 42 часа.

Замачивание с учетом физиологических особенностей зерна проводится по трем режимам: осеннему, зимнему и весеннему. В осенний период ячмень находится в стадии послеуборочного дозревания, содержит много биологически активных веществ, которые ингибируют процесс проращивания, дыхание и активность ферментов. В зимний период ячмень имеет хорошую прорастаемость и высокую ферментативную активность. Весной ячмень содержит мало биологически активных веществ и имеет максимальную прорастаемость. Режимы устраняют отрицательные факторы, которые присущи ячменю в тот или иной период года.

Осенний режим (сентябрь-декабрь): зерно замачивают с добавлением 0,1-0,2 % раствора NaOH в течение 4-6 час при температуре 13-14 °C для ограничения действия биологически активных веществ. В конце замачивания добавляют стимуляторы роста.

Зимний режим (январь-март) - замачивание обычным способом, но при переработке зерна пониженного качества используется осенний режим.

Весенний режим (апрель-июль): зерно выдерживают в воде без ее смены 18-24 час при постоянной аэрации для сохранения биологически активных веществ, далее - обычным способом.

4. Контроль процесса замачивания

Для солодоращения важное значение имеет степень замачивания. При перемачивании нарушается целостность семенной оболочки, утрачивается ее свойство полупроницаемости, в зерно начинают проникать соли из воды и зародыш погибает. Высокая степень замачивания способствует интенсивному образованию ферментов и более глубокому гидролизу крахмала и белков. При

недостаточном замачивании прорастание происходит слабо, возникает опасность высыхания.

Степень замачивания выбирается в зависимости от качества ячменя и типа получаемого солода. При производстве *светлого солода* степень замачивания составляет 43-44 %, при производстве *темного* - 46-48 %. В некоторых случаях - 46-50 %.

Степень замачивания контролируют аналитическим и эмпирическим путем.

Аналитический, или лабораторный, контроль проводится 2-мя способами:

Первый способ применяют с помощью сетчатого цилиндра емкостью 300 см³. В него помещают 100 г зерна и опускают в замочный аппарат вместе с основной массой зерна. Через определенные промежутки времени цилиндр вынимают, избыток влаги удаляют и взвешивают. Увеличение массы цилиндра дает степень замачивания:

$$W = \frac{(a_1 + w) * 100}{100 + a_1},$$

где W - степень замачивания, %;

a₁ - увеличение массы стакана с зерном после замачивания, г;

w - влажность ячменя до замачивания, %.

Второй способ: степень замачивания определяют по изменению абсолютной массы зерна:

$$W = \frac{100 - a}{b * (100 - w)},$$

где a, b - абсолютная масса зерна до и после замачивания, г.

Эмпирический контроль: зерно сжимается двумя пальцами вдоль длинной оси, при этом должно быть слышно легкое потрескивание отделяющейся оболочки от эндосперма; разрезанное зерно должно оставлять меловую черту; при разрезании тупым ножом зерно должно раздаваться в ширину - если зерно недомочено, то оно расщепляется на две части.

5. Оборудование и размещение замочного отделения

В настоящее время конструкция аппаратов для замачивания усложнилась. Их размещают в отдельном помещении - *замочном отделении*. Оно должно быть расположено вблизи солодорастильного. Если солодовня находится на первом этаже, то отделение замачивания должно располагаться между первым и вторым или вторым и третьим (или на втором и третьем) этажами, как провисающее оборудование, чтобы обеспечить самотек.

Верхний край замочного аппарата должен находиться на высоте 1,0-1,5 м от уровня пола для удобства обслуживания. Замочное отделение должно иметь естественное освещение, отопление (температура помещения 15-18 °С), вентиляцию (кратность воздухообмена 1,5-2,0 в час).

Применяемые *замочные аппараты классифицируют* следующим образом:

- по форме корпуса (круглого или прямоугольного сечения);
- по форме днища (коническое или плоское);
- по назначению (для замачивания, для замачивания и мойки, для замачивания и предварительного проращивания);
- по способу аэрации (с применением барботеров, форсунок, эжекторов);
- по способу герметизации (открытые и закрытые);
- по способу выгрузки (самотеком, с применением механических средств);
- по конструктивным особенностям (устройства для удаления воды и сплава, CO_2 , наличие систем перемешивания, форсунок для орошения).

Применение барботеров в современных аппаратах нежелательно, т.к. они загромождают внутреннее пространство аппарата, ухудшают условия его мойки, препятствуют свободной выгрузке зерна.

Наиболее широко распространен *замочный аппарат с коническим днищем* (рис. 20).

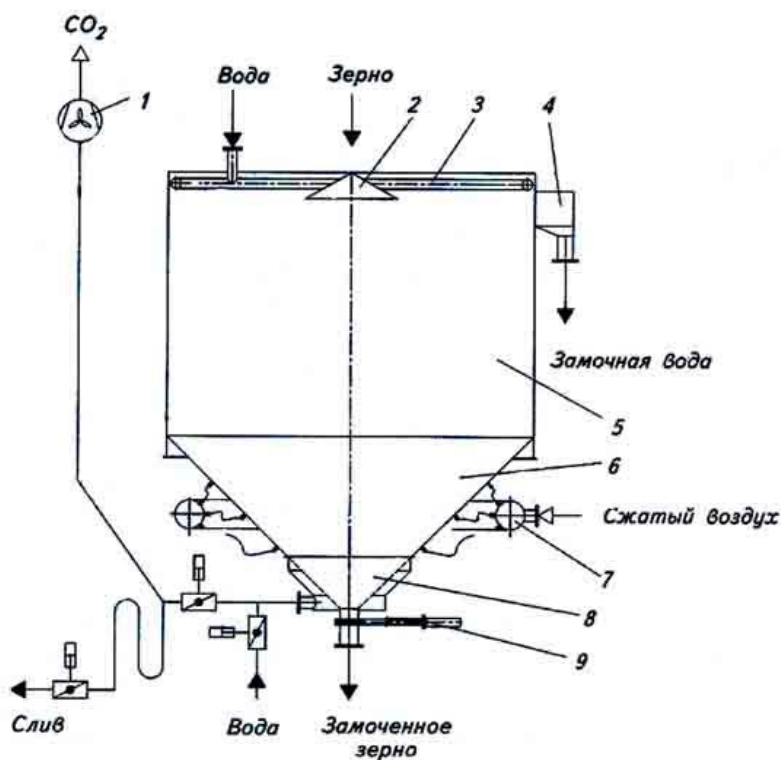


Рис. 20. Замочный аппарат с коническим днищем:

- 1 - вентилятор; 2 - конус; 3 - водяной коллектор; 4 - коробка для сплава; 5 - корпус;
6 - коническое днище; 7 - воздушный коллектор; 8 - распределительный конус; 9 - шибер

Вместимость его от 10 до 300 т. Зерно загружается сверху и распределяется с помощью конуса (2). Вода подается через распределительный конус (8). Через него же удаляют воду и CO_2 в период воздушных пауз с помощью вентилятора (1). Сжатый воздух подается через коллектор (7), при помощи него происходит перемешивание зерна. Замочную воду, которая переливается через корпус, и сплав удаляют через сплавную коробку (4). В верхней части смонтированы форсунки (3) для мойки аппарата. Выгружают зерно при открытии шиберов (9). Коэффициент заполнения аппарата 0,9. Угол наклона конической части аппарата составляет $45-55^\circ$. Разновидностью аппаратов такого типа являются аппараты с центральной трубой для перекачивания зерна. Благодаря этому исключается пребывание зерна в конической части, достигается равномерное снабжение его водой и аэрация зерна. Но такой способ перемешивания хуже, чем первый, т.к. зерно травмируется.

В последние годы разработан замочный аппарат с плоским ситом (рис. 21).

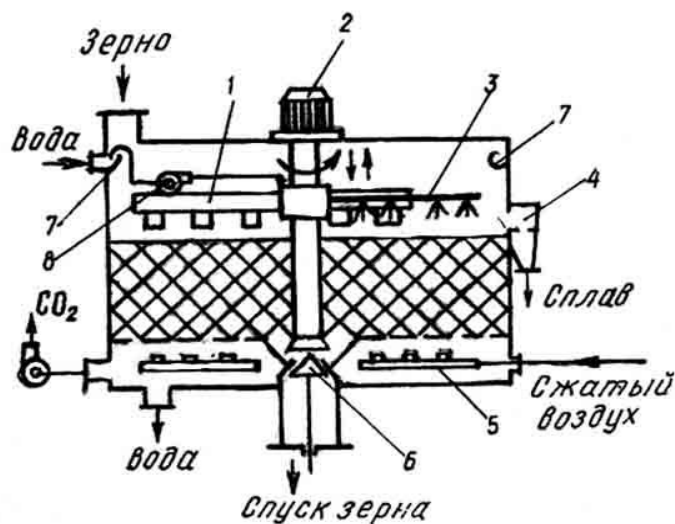


Рис. 21. Замочный аппарат с плоским ситом:

- 1 - загрузочно-разгрузочный механизм; 2 - привод; 3 - форсунки; 4 - коробка для сплава;
5 - коллектор сжатого воздуха; 6 - клапан для спуска зерна; 7 - желоб с водой; 8 - насос

Он представляет собой цилиндрическую емкость с плоским дном, над которым расположено сетчатое днище. На этом днище размещается ячмень высотой до 3 м. Аппарат имеет механическое устройство для загрузки и выгрузки (1). Способ замачивания в таком аппарате оросительный или воздушно-оросительный с помощью форсунок (3). В аппарате реализуется сухая загрузка и выгрузка зерна. Привод (2) может приводить во вращение сетчатое дно, это обеспечивает равномерную загрузку и замачивание. В аппаратах осуществляется эффективная аэрация сжатым воздухом, который подается через коллектор (5). Поток воздуха до $300 \text{ м}^3/\text{т}\cdot\text{ч}$. Зерно не перемешивается, а лишь продувается сжатым воздухом для насыщения кислородом. Концентрация растворенного кислорода $2-4 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Такие аппараты требуют большего расхода воды, т.к. пространство под сетчатым дном нельзя уменьшить.

В качестве недостатка можно также отметить необходимость ручной очистки пространства под ситами. В этих аппаратах нет зерен, которые находятся в невыгодном положении (коническая часть традиционных аппаратов).

Еще один современный вид замочного оборудования - *шнеки* (рис. 22).

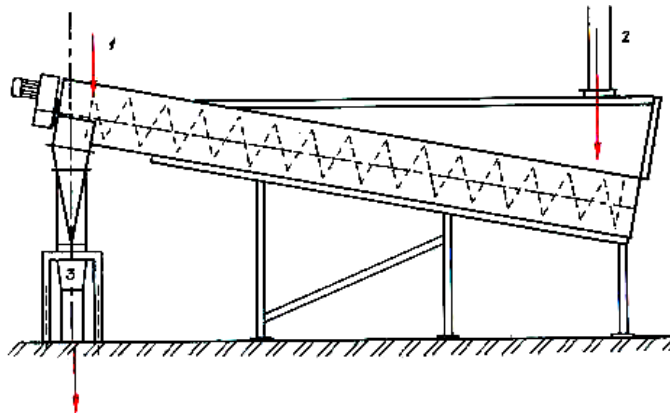


Рис. 22. Шнек для замачивания:

1 - ввод воды; 2 - загрузка зерна; 3 - выгрузка зерна

Они могут использоваться как для мойки, так и для замачивания. Ячмень (2) подается в заполненный водой желоб и медленно перемещается навстречу потоку воды (1) при помощи шнека. Замоченный ячмень выгружается через специальное устройство (3). Обеспечивается непрерывность процесса, но недостатком устройства является неравномерность слоя зерна, аэрации и удаления образующегося CO_2 .

Независимо от конструкции аппараты для замачивания должны быть снабжены следующими устройствами:

- системой подачи зерна в аппарат (механические конвейеры, самотечные устройства, гидротранспорт - первые 2 предпочтительнее из-за экономии воды и электроэнергии);
- системой подачи воды (мойка, увлажнение, гидроперемешивание);
- системой подачи дезинфицирующих растворов и стимуляторов роста;
- установкой для аэрации зерна и отвода CO_2 ;
- теплообменниками для кондиционирования замочной воды (нагрева, охлаждения);
- емкостью для очищенного, отсортированного и взвешенного зерна.

Контрольные вопросы:

1. Какова основная цель замачивания?
2. Какие изменения происходят в зерне при замачивании?
3. Какие основные факторы влияют на процесс замачивания зерна?
4. С какой целью проводится мойка и дезинфекция зерна?
5. Какова роль кислорода при замачивании зерна?
6. Какие существуют классические способы замачивания?
7. Что такое пневматическое замачивание, его разновидности?
8. Особенность современных способов замачивания?

9. Как контролируется степень замачивания зерна?
10. В чем особенность компоновки замочного отделения?
11. Каковы преимущества и недостатки замочных аппаратов с коническим днищем?
12. В чем особенность замочных аппаратов с плоским ситом?
13. Каковы преимущества и недостатки шнеков для замачивания?

2.3. ПРОРАЩИВАНИЕ ЯЧМЕНЯ

1. Физиологические процессы
2. Биохимические процессы
3. Факторы, влияющие на проращивание
4. Практика проращивания
5. Специальные способы солодоращения
6. Интенсификация солодоращения
7. Качество свежепросоженного солода

1. Физиологические процессы

Высокая влажность зерна создает благоприятные условия для процессов ассимиляции и синтеза. Так же, как и в естественных условиях, зерну для прорастания необходимы определенная влажность, температура и наличие кислорода. При создании этих условий зародыш переходит к активной жизнедеятельности. Начинается развитие зачаточных органов зародыша, накопление ферментов и их активное действие.

Основной целью солодоращения является накопление ферментов, при действии которых достигается растворение резервных веществ зерна.

Изменения зародыша сначала обнаруживаются в корешке, затем в листовых органах. Зародышевый корешок проникает через плодовую, семенную и мяквинную оболочки в том месте, где зерно прикреплено к колосу и становится видимым. Клетки корешка развиваются, появляется несколько новых корешков. Это внешний признак начала проращивания. Одновременно развивается зародышевый листок. Он прорывает плодовую и семенную оболочки и, развиваясь, продвигается между ними и спинной мяквинной оболочкой. При искусственном проращивании он не должен быть больше размеров зерна. Если листок перерастает длину зерна и появляется в вершине, это свидетельствует о появлении проростков. Это наблюдается при высокой влажности, теплом и длительном проращивании.

Равномерность роста корешков свидетельствует о правильном проращивании. Если корешок не развивается, ячмень остается сырым. Сильный рост корешков так же нежелателен, т.к. увеличиваются потери сухих веществ. Если зародыш поврежден при уборке, корешки не прорастают, а происходит избыточное развитие зародышевого листа.

Главный энергетический процесс при проращивании - дыхание - происходит под действием ферментов окислительно-восстановительного комплекса.

Каталаза катализирует реакцию разложения перекиси водорода с освобождением кислорода, быстро накапливается при проращивании, активность увеличивается в 40-70 раз. В конце проращивания активность снижается.

Пероксидаза окисляет органические соединения с помощью перекиси водорода, активность этого фермента при проращивании увеличивается в 7-10 раз.

Полифенолоксидаза окисляет полифенолы ячменя, активность при проращивании увеличивается в 2 раза.

Под действием оксидаз происходит как полное, так и частичное окисление сахаров. В результате выделения тепловой энергии температура при проращивании повышается, это приводит к усилению дыхания и увеличению потерь сухих веществ. К началу роста необходим приток большого количества воздуха для нормального процесса роста и синтеза ферментов. В процессе дыхания образуются также продукты неполного окисления (спирты, эфиры, органические кислоты). Из-за этого солод приобретает специфический запах.

Проращение вызывает потребность зародыша в питательных веществах. Сначала используются растворимые вещества, находящиеся в зародыше, и в первую очередь сахароза. Затем зародыш потребляет продукты гидролиза полимеров эндосперма, и происходит построение новых тканей. Щиток является снабжающим органом. По мере развития в нем образуются сосуды (проводящая ткань), которые тянутся от эндосперма к зародышу и действуют как транспорт. Щиток, который состоит из большого числа митохондрий, адсорбирует запасные вещества эндосперма развитой клеточной поверхностью, превращает глюкозу (конечный продукт гидролиза крахмала) в сахарозу (за счет фосфатов глюкозы, которые образуются при дыхании) и снабжает зародыш питательными веществами.

Существенным процессом, происходящим при проращивании, является активация и синтез ферментов при расходовании энергии, образующейся при дыхании. Механизм образования ферментов заключается в следующем.

Зародыш в результате своего развития вырабатывает ростовые вещества (гормоны), они доставляются к алейроновому слою при помощи капиллярной проводимой сети, где происходит синтез ферментов. Взаимодействие алейронового слоя и ростовых веществ очень сложное и объяснено не полностью. Считается, что эти гормоны вызывают синтез специфической растворимой РНК. Для поддержания этого процесса и нужны гормоны, поэтому они должны вырабатываться во время всего процесса проращивания, чтобы обеспечить синтез ферментов. Ферменты синтезируются в следующей последовательности: *эндо-β-глюканаза, эндопептидазы, фосфатазы и α-амилаза.*

β-Амилаза содержится в непроросшем ячмене в эндосперме и в небольшом количестве - в алейроновом слое, прочно связана с нерастворимым белком дисульфидными мостиками. Активность ее зависит от пептидаз, которые разрывают эти связи. Повышение же активности пептидаз зависит от содержания глутатиона (трипептид, состоит из гликокола, цистеина и глутаминовой кислоты), который имеет в своем составе сульфгидрильные группы (SH), они при

окислении переходят в сульфгидрильные (S-S). В этот период пептидазы увеличивают свою активность, разрываются связи между β -амилазой и нерастворимым белком, и активность фермента повышается. Количество фермента зависит от сорта ячменя, условий выращивания и содержания белка в ячмене, активность повышается с увеличением влажности до 43 % на 2-5 день в 3-4 раза, в дальнейшем роста не происходит.

α -Амилаза образуется при проращивании, накапливается, в основном, в эндосперме (93 %), немного в зародыше (7 %). Активность зависит от сорта ячменя и продолжительности вегетационного периода: чем он длиннее, тем выше активность фермента при проращивании. Повышению активности также способствует повышение влажности, температуры. Активность проявляется на 2-3 сутки проращивания и возрастает в течение всего периода проращивания.

Цитазы частично присутствуют в непроросшем зерне, частично синтезируются, активность при проращивании увеличивается в 20-100 раз.

Пептидазы содержатся в непроросшем зерне в активной форме, наиболее интенсивно образуются на 2-3 сутки проращивания, количество их возрастает в 4 раза. Понижение температуры приводит к замедлению образования ферментов. Для увеличения эндопептидазной активности следует использовать способы замачивания с длительными воздушными паузами.

Фосфатазы присутствуют в непроросшем зерне, активность увеличивается в 8-10 раз.

Липазы присутствуют в непроросшем зерне, активность увеличивается начиная со 2-х суток проращивания в 4-5 раз.

Под действием образующихся вновь и активирующихся ферментов происходят биохимические процессы в прорастающем зерне - гидролиз высокомолекулярных соединений и перевод их в растворимую форму.

2. Биохимические процессы

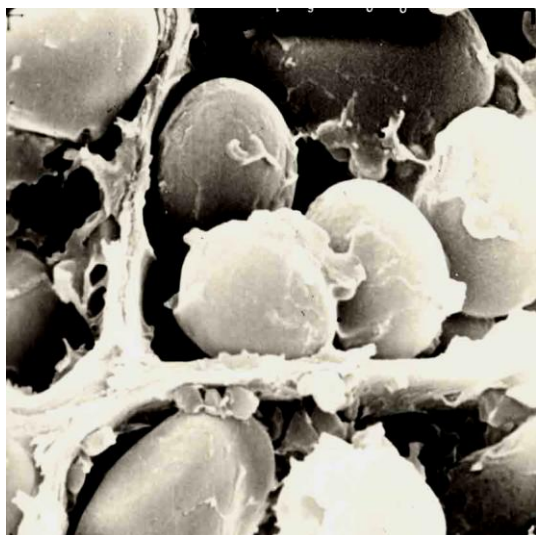
Цитолитическое растворение. Клеточные стенки зерна имеют сложный состав и построены, в основном, из некрахмальных полисахаридов целлюлозы, гемицеллюлозы и гумми-веществ.

Изменение клеточных стенок при проращивании называется *цитоллизом* (рис. 23).

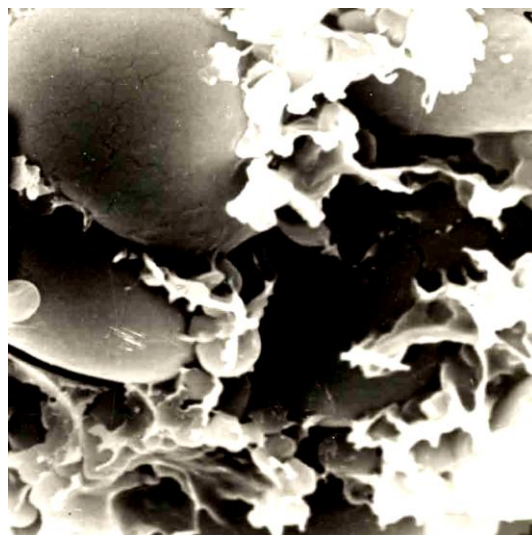
При проращивании стенки клеток эндосперма, начиная от зародыша, постепенно растворяются, эндосперм становится рыхлым и легко растирается. Со стороны спинки этот процесс идет быстрее, чем с брюшной.

Целлюлоза при проращивании не изменяется.

Основной частью гемицеллюлоз эндосперма являются β -глюкан, пентозаны и маннан, они соединены между собой белком. Гидролиз этих веществ осуществляют ферменты из класса цитаз: эндо- и экзоглюканазы, эндо- и экзоксиланазы, арабинозидаза, ксилобиаза и др.



а)



б)

Рис. 23. Клеточные стенки ячменя до (а) и после (б) цитолаза

Гидролиз β -глюкана проводится эндо- и экзо- β -глюканазами. Эндо- β -глюканазы разрывают молекулу β -глюкана по срединным связям, уменьшают его молекулярную массу и переводят молекулу в растворимое состояние. Экзо- β -глюканазы отщепляют целлобиозу и ламинарибиозу от нередуцирующих концов молекулы β -глюкана и производят осаживающее действие. Полученные дисахариды гидролизуются ферментами целлобиазой и ламинарибиазой до глюкозы. Количество гемицеллюлоз снижается на 25 %, в основном, за счет гидролиза β -глюкана.

Гумми-вещества и пентозаны изменяются незначительно. Распад гемицеллюлоз и гумми-веществ приводит к образованию продуктов с более низким молекулярным весом - гексоз, пентоз, растворимых пентозанов, соединений типа декстринов. Эти продукты накапливаются в зерне в свободном состоянии, часть используется зародышем.

Оптимальные условия цитолиза: рН 5,0; температура 45 °С.

Гидролиз азотсодержащих веществ. Большая часть азотсодержащих веществ в ячмене находится в виде высокомолекулярных белков. При проращивании около 55 % белков расщепляется до аминокислот, из них 30 % идут на построение нового белка (ростков и проростков), служат для синтеза ферментов. Необходимую энергию зародыш получает за счет окисления углеводов при дыхании. Наибольшим изменениям подвергается белок алейронового слоя - основной источник растворимых соединений.

Гидролиз белковых веществ происходит под действием эндо- и экзопептидаз. Эндопептидазы гидролизуют белки по внутренним связям до растворимых полипептидов и пептидов. Оптимальные условия их действия: рН 4,0-4,5; температура 50-60 °С. Под действием экзопептидаз полипептиды и пептиды гидролизуются до аминокислот. Аминокислоты необходимы для развития зародыша, а также для жизнедеятельности дрожжей при брожении. Различают амино-, карбокси- и дипептидазы. *Аминопептидазы* отщепляют концевую ами-

нокислоту, которая содержит свободную аминокруппу (рН-оптимум 5,8-6,6). *Карбоксипептидазы* отщепляют концевую аминокислоту, которая содержит свободную карбоксильную группу (рН-оптимум 4,8-5,7). *Дипептидазы* - гидролизуют пептидные связи в дипептидах (рН оптимум 7,8-8,6).

Из всех аминокислот, которые содержатся в пиве, 70 % образуется при проращивании и только 30 % во время других технологических стадий. Поэтому гидролиз белковых веществ при проращивании нельзя заменить гидролизом белковых веществ при затирации, т.к. продукты гидролиза различны.

На растворимость белка при проращивании влияют влажность и температура: чем выше влажность и длительнее проращивание, тем выше растворимость. Высокая температура способствует глубокому гидролизу белков, но при этом усиливается рост корешков.

Белковый гидролиз считается нормальным, если не менее 33 % общего азота находится в растворимой форме, 10-20 % в форме аминокислот.

Гидролиз крахмала. Расщепление крахмала до глюкозы и мальтозы при проращивании должно протекать на низком уровне, чтобы снизить потери сухих веществ на дыхание. Но необходимо накопить максимальное количество ферментов, гидролизующих крахмал, чтобы при затирации обеспечить необходимую степень осахаривания.

Гидролиз крахмала осуществляют, в основном, α - и β -амилазы. В результате гидролиза образуются декстрины, мальтоза, глюкоза. Большая часть образовавшейся глюкозы расходуется на дыхание и синтетические процессы. Оптимальные условия для действия α -амилазы: рН 5,5-6,5; температура 70 °С; β -амилазы: рН 3,5-5,0; температура 63 °С.

При проращивании гидролизуется от 10 до 20 % крахмала, остальной - изменяется структурно. Из образовавшихся сахаров 4,0-4,5 % расходуется на дыхание, 3-4 % на построение корешков и 7-8 % остается в солоде, поэтому он имеет сладковатый вкус. Часть крахмала, которая расходуется на дыхание и построение корешков и ростков, характеризуется как **потери на дыхание и ростки**.

Изменение фосфатов. Фосфаты ячменя на 50 % состоят из фитина (кальций-магниева соль инозитфосфорной кислоты). Гидролиз его происходит под действием фермента фитазы, которая расщепляет фитин на спирт инозит и остатки фосфорной кислоты. Спирт инозит является стимулятором роста и необходим для роста и развития дрожжей. Оптимальные условия: рН 5,2; температура 48 °С. К фосфатазам относится также нуклеотидаза. Она отщепляет остатки фосфорной кислоты от нуклеиновых кислот. Оптимальные условия: рН 5-6.

За счет расщепления кислых фосфатов, белков и образования органических кислот (молочной, яблочной) значительно возрастает титруемая кислотность солода. Органические кислоты образуются как промежуточные продукты при окислении углеводов. При окислении серы аминокислоты цистеина образуется также некоторое количество серной кислоты. Еще одна причина повышения кислотности - образование оксикислот при дезаминировании аминокислот. Увеличение кислотности при проращивании положительно влияет на образование и действие ферментов.

Гидролиз липидов. При проращивании 0,2 % жира окисляется или сжигается, часть жира расщепляется ферментом липазой на глицерин и жирные кислоты: 2/3 липазной активности приходится на зародыш и 1/3 на алейроновый слой. В основном, при проращивании гидролизуется жир щитка, жир алейронового слоя полностью переходит в дробину. Оптимальные условия для действия липаз: рН 6,8; температура 45-48 °С.

Образование диметилсульфида (ДМС). В процессе замачивания и проращивания образуется S-метилметионин, который является предшественником ДМС. ДМС - летучее соединение серы, которое придает пиву «травянистый» или «овощной» запах. S-метилметионин термически не стабилен и распадается при повышенных температурах. Количество образовавшегося предшественника прямо пропорционально степени замачивания и температуре. Большая часть S-метилметионина удаляется вместе с корешками.

3. Факторы, влияющие на проращивание

Основные факторы, влияющие на проращивание: температура, влажность, соотношение кислорода и углекислого газа, длительность.

Температура влияет на процессы роста, образование и активность ферментов. Различают холодное и теплое проращивание. *Холодное* проводится при температуре 12-16 °С, при этом наблюдается слабый, но равномерный рост, замедленное образование и действие ферментов. Процессы роста протекают одновременно с цитолизом, наблюдается равномерное растворение, меньше образуется предшественника ДМС. *Теплое* проращивание проводится при температуре 18-22 °С. При этом усиливаются окислительные процессы, корешки и росток развиваются очень быстро, но не одновременно с процессами растворения, наблюдается высокое потребление питательных веществ, прорастание неравномерное. Поддерживать температуру очень трудно, особенно при отсутствии искусственного охлаждения. Холодное проращивание предпочтительнее, но оно может применяться не всегда. При переработке высокобелковых ячменей, выращенных в жарком сухом климате, необходимо на 3-5 сутки проращивания температуру повышать до 18-22 °С для хорошего растворения и глубокого гидролиза белков. При получении темного солода температура проращивания составляет 20-23 °С.

Влажность для равномерного проращивания необходима 38-40 %, при такой же влажности образуется незначительное количество S-метилметионина, но такая влажность недостаточна для накопления необходимого количества ферментов и полного растворения, для этих процессов влажность должна быть - 44-46 %, в некоторых случаях до 50 %. Такую влажность необходимо поддерживать в течение всего процесса. Это достигается продуванием кондиционированного воздуха.

Соотношение $O_2:CO_2$ в первые дни проращивания должно быть в пользу кислорода, т.е. больше 1. Кислород подводят в больших количествах, т.к. при этих условиях образуются ферменты. В этот период CO_2 приводит к снижению жизненной активности зародыша. На стадии растворения (вторая половина

проращивания) содержание CO_2 может достигать 4-8 %. Это позволяет притормозить быстрый рост зародыша и снизить потери сухих веществ. Повышенное количество CO_2 дает солода, обедненные ферментами, но они из-за угнетения процессов роста содержат больше низкомолекулярных веществ.

Продолжительность проращивания зависит от типа получаемого солода, режимов проращивания. Для светлого солода - 7 суток, при совмещении режимов замачивания, проращивания и сушки в одном аппарате - 5-6 суток, при получении темного солода - 8-9 суток.

Низкая влажность, температура и насыщенность CO_2 увеличивают продолжительность проращивания, а высокая влажность и рассчитанные для нее температура и достаточный доступ кислорода это время сокращают.

4. Практика проращивания

Проращивание протекает в помещении, которое называется *солодовней*. Солодовни бывают токовые и пневматические.

Токовое солодоращение - старый способ, поэтому новые токовые солодовни не строят, а старые переоборудуют в ящичные. Ток - цементная площадка для проращивания зерна. На нее укладывается зерно в виде гряды высотой 35-50 см. В процессе проращивания 2-3 раза в сутки его перелопачивают вручную для удаления CO_2 и понижения температуры. К концу проращивания высота слоя - 12-13 см. Нагретый воздух удаляется через люки в потолке. Для регулирования воздухообмена имеется приточная и вытяжная вентиляция. Главные недостатки такой солодовни: зависимость от внешней температуры, высокая потребность в помещениях (на 1 т ячменя необходимо 30 м² площади), трудоемкость механизации, применение ручного труда (за рубежом используют ворошители, изготовленные по принципу плуга).

Пневматическое солодоращение - ращение в высоком слое (0,6-2,5 м) при охлаждении проращиваемого материала кондиционированным воздухом, т.е. увлажненным воздухом определенной температуры. Постоянное и достаточное увлажнение гряды без снижения влажности проращиваемого зерна - основная и самая трудная задача пневматического солодоращения, т.к. при дыхании выделяется большое количество энергии, которая остается в виде тепла в слое зерна и приводит к уменьшению влажности (за счет гигроскопичности зерновой массы). При продувании кондиционированным воздухом зерно охлаждается, удаляется диоксид углерода, происходит насыщение кислородом. Температура воздуха должна быть на 2-3 °С ниже температуры в слое зерна (иначе возможно подсыхание), а относительная влажность - 98-100 %. Подготовка холодного влажного воздуха проводится в камерах кондиционирования (охлаждение и увлажнение - за счет распыления холодной воды в потоке воздуха, подогрев - в калориферах, путем смешивания с отработанным более теплым воздухом). Воздух может подаваться снизу вверх или сверху вниз, более рациональный способ - снизу вверх, т.к. верхние слои теплее: тепло отводится из этих слоев и не происходит уплотнение солода.

Существует периодическое, непрерывное и комбинированное продувание воздухом. *Периодическое продувание*: вентилятор работает ограниченное время только при повышении температуры до определенного предела и до тех пор, пока солод не охладится до температуры поступающего воздуха. *Непрерывное продувание*: через слой зерна непрерывно пропускается слабый поток воздуха. *Комбинированное*: в период максимального выделения тепла непрерывное продувание, а к концу проращивания - периодическое.

Пневматические солодовни бывают ящичные, барабанные, шахтные, башенные, туннельные, ленточные.

Ящичные солодовни. Традиционная ящичная солодовня состоит из прямоугольных ящиков (рис. 24). Ящики строятся спаренными, между парой оставляют проход 1 м для обслуживания. Вместимость от 5 до 150 т. Размеры ящика: длина 10-50 м, ширина 3-5 м. Узкие и длинные ящики нежелательны, т.к. трудно вентилировать и снабжать кондиционированным воздухом удаленные зоны. Широкие и короткие так же нежелательны, т.к. затрудняется распределение воздуха по ширине и удорожается ворошение. Отношение ширины ящика к длине должно быть 1:4-1:8. Количество таких ящиков должно быть равно числу дней ращения, чтобы равномерно загрузить оборудование солодовни. Стенки ящика должны быть плоскими и гладкими, чтобы не было поломки ростков. Толщина стенок 0,15-0,2 м. На верхней части боковых стенок устанавливают рельсы для передвижения ворошителя. В таких солодовнях применяется шнековый ворошитель (1). Ворошение проводится в первые 2-3 дня проращивания 2 раза в сутки, в последующие - 1 раз. Во время ворошения вентилирование не проводят.

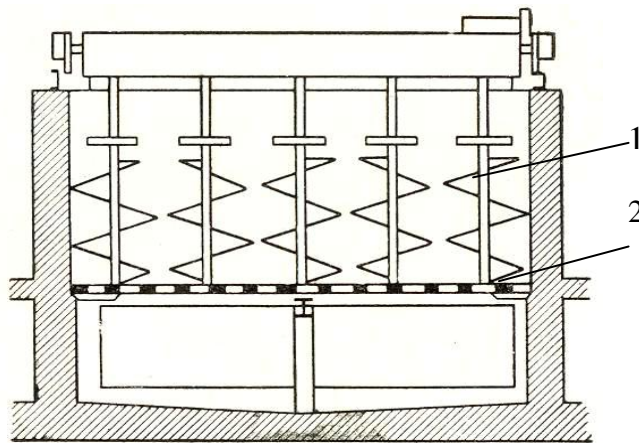


Рис. 24. Солодорастиельный ящик:
1 - шнековый ворошитель; 2 - сито

Поверхность, на которой располагается проращиваемый материал, называется **ситом** (2), оно имеет плоские отверстия 2,0x25 мм. Высота подситового пространства 1,5-2,0 м для стационарных сит и 0,6-0,7 м для съемных сит для удобства обслуживания. Оно служит для подачи кондиционированного воздуха. После каждого опорожнения ящика проводят тщательную механическую очистку сит. Лучший способ - промывка водой под давлением с добавлением 2 %-го раствора хлорной извести. Для быстрого стока воды дно ящика имеет уклон. Вы-

сота слоя замоченного ячменя 0,5-1,5 м, к концу проращивания высота свежепросожденного солода составляет 0,7-2,5 м, это следует учитывать при проектировании ящиков.

Выгрузка свежепросожденного солода производится шнековым ворошителем. Существует несколько способов разгрузки. 1-й способ: одна из стенок ящика (по ширине) - разгрузочная - отодвигается и ворошитель сдвигает свежепросоженный солод на конвейер. 2-й способ: ворошитель имеет подвижную разгрузочную стенку (узкий металлический короб со шнеком внутри). 3-й способ - использование разгрузочной машины (каретка с опрокидывающимся скребком), которая перемещается вдоль ящиков на передвижной платформе.

Режим работы ящичной солодовни: 1-е сутки температура 12-14 °С; 2-е сутки - 14-15 °С; 3-и сутки - 15-16 °С; 4-е сутки - 16-17 °С; 5-6-е сутки - 16-15 °С; 7-е сутки - 15-14 °С.

Солодовни типа «передвижная грядка». Это разновидность ящичной солодовни (рис. 25). Представляют собой длинный ящик, подситовое пространство его (5) разделено бетонными или кирпичными перегородками на 8 (при перемещении зерна 1 раз в сутки) или 16 (при перемещении 2 раза) секций. В эти секции из камеры кондиционирования (2) поступает увлажненный и охлажденный воздух. Проращиваемое зерно перебрасывается ковшовым ворошителем (6) от места загрузки из замочных аппаратов к месту выгрузки. Выгрузка производится в бункер (3), затем при помощи транспортера (4) свежепросоженный солод подается на сушку. Эти аппараты обеспечивают ежесуточную выгрузку свежепросоженного солода, поэтому в солодовне может находиться только один такой солодорастильный ящик. Для повышения производительности устанавливают несколько аппаратов, т.к. один ворошитель может обслуживать поочередно 3-4 аппарата. Перемещается он от одного аппарата к другому при помощи передвижной тележки.

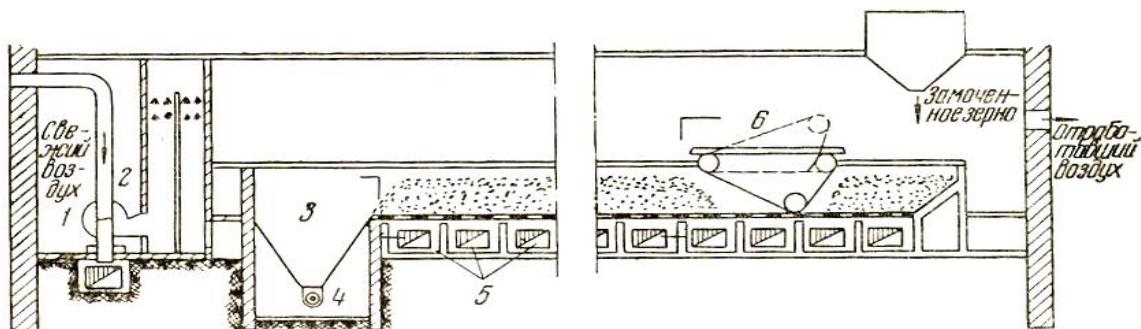


Рис. 25. Схема солодовни «передвижная грядка»:

- 1 - вентилятор; 2 - камера кондиционирования; 3 - бункер свежепросоженного солода;
4 - транспортер; 5 - подситовое пространство; 6 - ковшовый ворошитель

Солодовня по типу «все ящиче» (статическая солодовня). Суть способа заключается в том, что процессы замачивания, проращивания, а иногда и сушки протекают в одном ящике. Ящики находятся в отдельных помещениях. Каждый ящик имеет индивидуальную камеру кондиционирования и установку для нагревания воздуха. Конструкция напоминает устройство традиционного

ящика, но сечение воздухопроводов, по которым поступает в подситовое пространство воздух, больше, т.к. расход воздуха на сушку в 5-8 раз больше, чем кондиционированного. Аппаратурно-технологическая схема получения солода приведена на рис. 26.

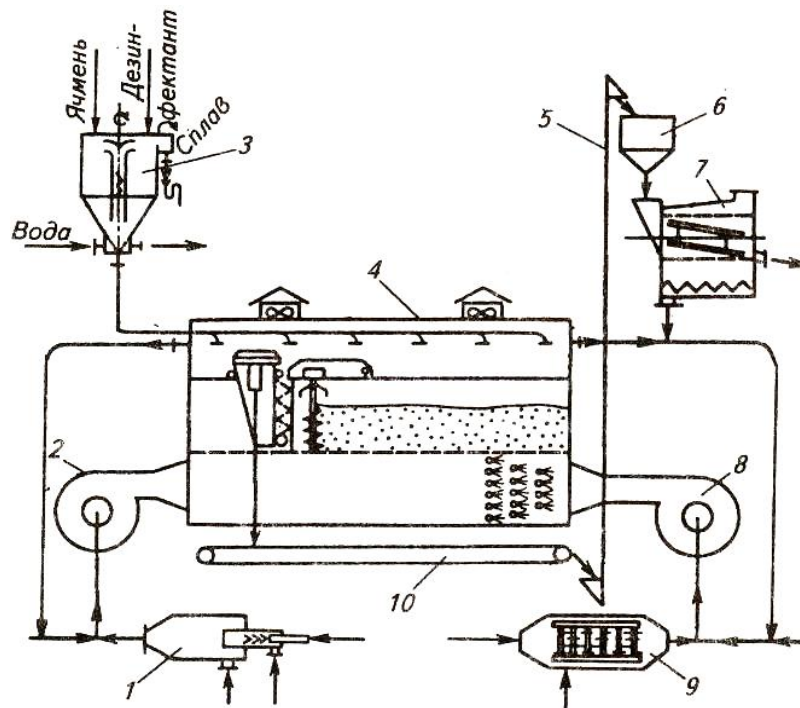


Рис. 26. Схема производства солода в статической солодовне:

1 - кондиционер; 2, 8 - вентиляторы; 3 - моечный аппарат; 4 - солодорастильный аппарат; 5 - норья; 6 - бункер; 7 - росткоотбойная машина; 9 - теплогенератор; 10 - транспортер

Очищенный ячмень моется в моечном аппарате (3) 6-8 час, дезинфицируется KMnO_4 , передается в солодорастильный аппарат (4), где происходят остальные операции. Замачивание - воздушно-оросительное. Орошение осуществляется при помощи форсунок, они могут быть стационарными или подвижными (закреплены на ворошителе, к которому подводится вода). Температура замачивания 12-14 °С, продолжительность 42 часа до влажности 44 %. Затем подачу воды прекращают, и наступает период рашения. Зерно продувается кондиционированным воздухом каждый час по 15 мин. Первое ворошение проводят после выравнивания слоя ячменя, затем через 10-12 час. Ворошитель - шнековый. Продолжительность проращивания 5,5 суток. Температурный режим: 1-е сутки - 12-14 °С; 2-е сутки - 15-16 °С; 3-и сутки - 16-18 °С; 4-5-е сутки - 18-20 °С. Для сушки используется либо тот же аппарат, либо отдельный, специально предназначенный для сушки. Преимущества способа: расход воды снижается в 5 раз, сокращаются производственные площади, ускоряется технологический процесс, исключается перемещение свежепросоженного солода и его повреждение. Основная проблема таких установок: большая разница температур при проращивании и сушке, это приводит к большим напряжениям конструкции зданий. К такой установке используют только поворотные решетки с удельной нагрузкой до 600 кг/м².

Солодорастильные аппараты типа «перегружаемый ящик». В этих аппаратах производится ежедневное последовательное перемещение проращиваемого солода из одного аппарата в другой. Аппараты могут быть прямоугольного или квадратного сечения. Они примыкают один к другому и располагаются в один ряд. К последнему солодорастильному аппарату примыкает горизонтальная одноярусная сушилка. Между последним аппаратом и сушилкой имеется стенка, она открывается при перегрузке солода в сушилку, что позволяет обеспечить автономную работу сушилки и солодорастильного аппарата. По конструкции такие аппараты похожи на традиционный солодорастильный ящик, но ситчатые днища ящиков могут подниматься с помощью специальных механизмов. Все аппараты обслуживает один скребковый ворошитель, он же перегружает зерно из одного аппарата в другой. Днище выгружаемого аппарата поднимается, и солод при помощи ворошителя через разделительную стенку перегружается в соседний аппарат, таким образом, происходит перемешивание солода.

Так же происходит загрузка в сушилку. Перегрузку производят аналогично солодовне «передвижная грядка»: от последнего аппарата к первому, затем первый загружают замоченным ячменем. При ворошении солод увлажняется водой с помощью оросителя.

Солодорастильные аппараты круглого сечения. Аппараты такого типа бывают с вращающимся ситчатым дном и с неподвижным ситчатым дном (рис. 27). Вместимость одного аппарата 400-700 т, диаметр до 45-ти м. В аппаратах с вращающимся ситом дно устанавливают на роликах с уплотнениями вдоль стенок. При этом если ростки отбиваются, то они попадают в одно и то же место под ворошителем. В настоящее время используют оба вида аппаратов. Чаще всего их располагают друг над другом в виде солодовни башенного типа, но также размещают и на одном уровне.

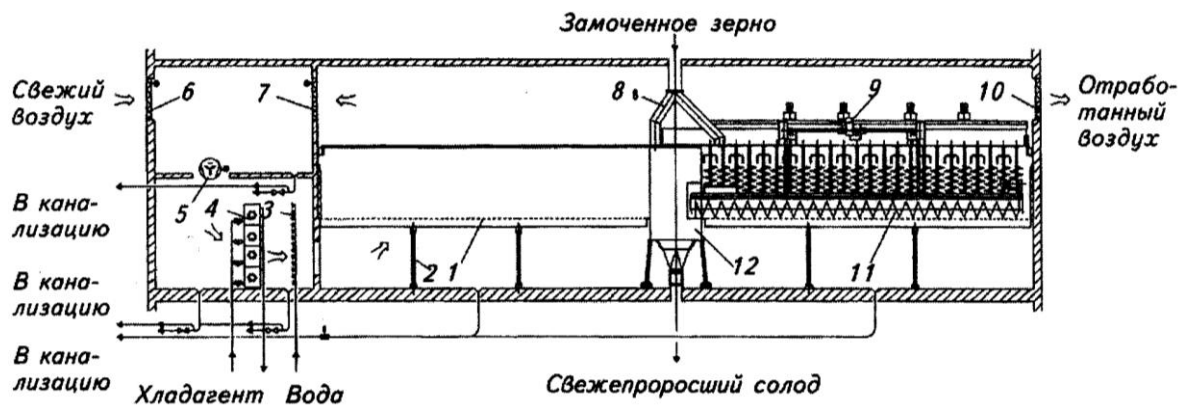


Рис. 27. Солодорастильный аппарат круглого сечения:

- 1 - ситчатое дно; 2 - опора; 3 - увлажнитель воздуха; 4 - охладитель; 5 - вентилятор;
- 6, 7, 10 - заслонки на входе свежего рециркулируемого воздуха и на выходе отработанного;
- 8 - перекидной клапан; 9 - шнековый ворошитель; 11 - шнек; 12 - поворотный бункер

Ситчатое дно (1) имеет кольцевую форму, в центре него находится поворотный бункер диаметром 2 м (12), через который производится выгрузка свежепроросшего солода из аппарата или перемещение из одного аппарата в другой. Ситчатое дно опирается на опоры (2). Высота подситового пространства около 2 м. Ворошитель шнековый карусельного типа (9) вращается вокруг центральной оси в разных направлениях. Кроме ворошения, он может производить загрузку и выгрузку зерна, увлажнение в процессе проращивания (для этого установлены распылительные форсунки). Ворошитель может подниматься при помощи шнека (11). Скорость шнеков такого ворошителя неодинаковая и возрастает от центра к периферии, для равномерного ворошения устанавливают также разную частоту вращения шнеков (от 2,8 до 12 мин⁻¹). Загрузку замоченного зерна производят послойно через перекидной клапан (8) и распределяют шнеком. После загрузки первого слоя шнек поднимается, и происходит так же загрузка следующего слоя. При разгрузке свежепроросшего солода стенка разгрузочного люка бункера (12) отодвигается внутрь и горизонтальный шнек, который находится в верхнем положении, перемещает солод от периферии к разгрузочному люку. Разгрузка проводится так же слоями.

Одной из проблем таких аппаратов является неравномерность распределения кондиционированного воздуха, вблизи стенок образуются застойные зоны, куда поступает воздух, обедненный влагой (92-93 %). Для ликвидации этого в подситовом пространстве устанавливают экраны, которые рассекают воздушный поток и направляют его не только к центру аппарата, но и вдоль стенок. Для мойки ситчатого дна и стенок аппарата в нижней части ворошителя находятся моющие устройства, а вдоль стенки на вертикальной трубе - форсунки, которые разбрызгивают моющие растворы под давлением 8-10 МПа. При вращении ворошителя достигается хороший эффект мойки.

Солодоращение в барабанах. Барабанные аппараты для проращивания представляют собой цилиндрический корпус на двух опорных роликах. Проращиваемое зерно продувается кондиционированным воздухом, ворошители отсутствуют, перемешивание осуществляется за счет вращения барабана, поэтому не происходит повреждения зерен. Барабаны бывают открытые и закрытые. Преимущество закрытых барабанов - изоляция от внешних условий. Недостаток открытых барабанов - выход отработанного воздуха, насыщенного парами воды, в помещение солодовни. Закрытые барабаны бывают с плоским ситом и с ситчатыми трубами. Загрузка производится через люки. Высота слоя в начале проращивания 0,6-0,8 м, к концу - до 1-го м. Режим проращивания такой же, как в ящичных солодовнях.

Солодорастильный барабан с плоским ситом (рис. 28). Коэффициент заполнения 50 %. Внутри барабана имеется горизонтальная плоская решетка, на ней происходит проращивание. Перемешивание проводится путем вращения барабана в течение 60-80 мин 1-2 раза в сутки. Проветривание только в периоды покоя. Кондиционированный воздух подается по левому воздуховоду (1), проходит в подситовое пространство (3) и пронизывает слой проращиваемого зерна. Отработанный воздух попадает в правую камеру (2) и удаляется в атмосферу или направляется на рециркуляцию. Разгрузку барабана производят, ус-

тановив люки вниз (4), в приемные бункера. Для освобождения барабана внутри устанавливают шнек, который имеет правые и левые витки, поэтому солод перемещается с двух сторон к люкам для выгрузки.

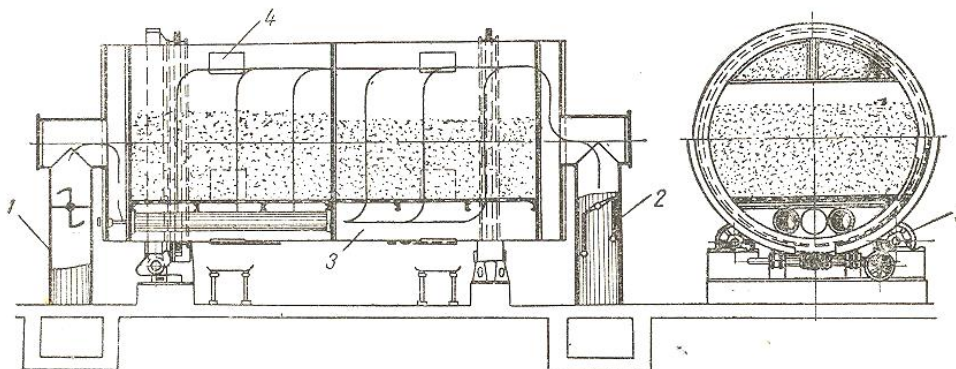


Рис. 28. Барабан для проращивания с плоским ситом:
1, 2 - воздуховод для кондиционированного и отработанного воздуха;
3 - подситовое пространство; 4 - люк; 5 - опорные ролики

Солодорастильный барабан с ситчатыми трубами (рис. 29) устроен аналогично барабану с плоским ситом. В центре барабана расположены ситчатые трубы. Кондиционированный воздух проходит в периферийные ситчатые трубы (1), затем через слой проращиваемого зерна и отводится в центральную перфорированную трубу (2). К достоинству этого аппарата можно отнести более высокий коэффициент заполнения - 60 % и возможность непрерывного ворошения в процессе проращивания. Но аппарат металлоемкий.

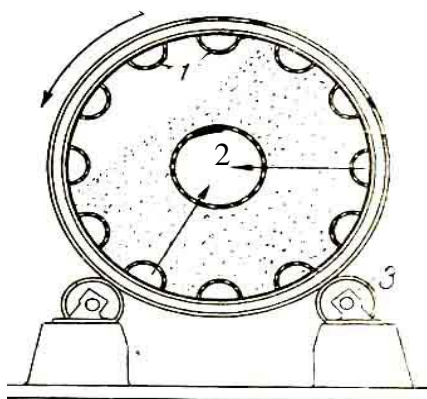


Рис. 29. Барабан с ситчатыми трубами:
1 - периферийные ситчатые трубы; 2 - центральная труба; 3 - опорные ролики

Цилиндрикоконический аппарат для производства солода. Особенность такого аппарата состоит в том, что все процессы протекают в одной вращающейся емкости (рис. 30). Эта установка пригодна для небольшого количества сырья. В аппарат загружается ячмень (высота до 3,5 м) (положение а), затем подают воду (положение б), в процессе мойки и водяного замачивания аппарат вращают (положение в). Замачивание - воздушно-водяное. В положении г про-

водят воздушную паузу, отводят CO_2 и заменяют его свежим воздухом, который подается в подситовое пространство. В этом же положении (положение д) проводят и проращивание, но периодически аппарат поворачивают для ворошения солода (положение е). В период сушки в подситовое пространство нагнетают воздух, нагретый в калорифере (положение ж). По окончании процесса сушки аппарат переворачивается конической частью вниз и производится выгрузка солода (положение з) через люк с помощью механического или пневмотранспорта. Производительность такой установки до 3,8 т.

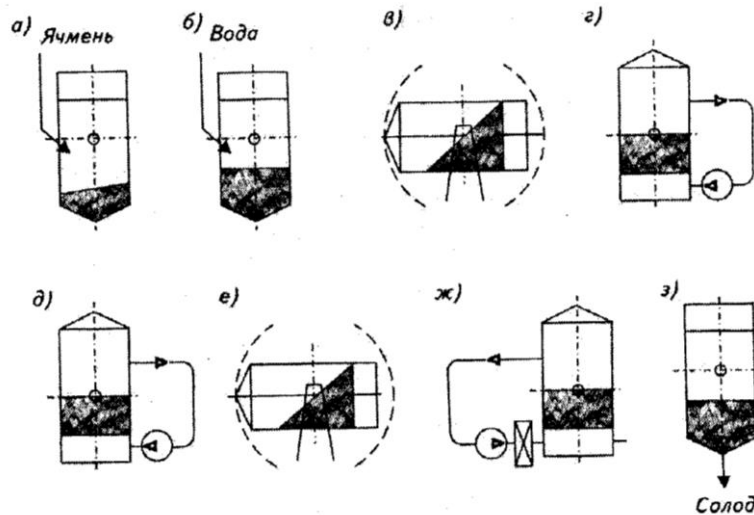


Рис. 30. Устройство цилиндрикоконического аппарата:

а - загрузка ячменя; б - подача воды; в - мойка и водяная пауза при замачивании; г - воздушная пауза при замачивании; д - проращивание зерна; е - ворошение солода; ж - сушка солода; з - выгрузка готового солода

Непрерывное солодоращение. К таким установкам относят шахтные и ленточные.

Установка шахтного типа, например ЛСХА (разработана Латвийской сельскохозяйственной академией), состоит из моечно-дезинфицирующего аппарата, где в течение 6-ти час происходит мойка и дезинфекция ячменя 0,01 %-м раствором NaOH ; замочной камеры с разгрузочным механизмом, где в течение 48-ми час происходит замачивание; солодорастильных камер, в каждой камере зерно находится 12 или 24 час, температура проращивания 13-18 °С, продолжительность 5 суток. Камеры расположены вертикально друг над другом, в один или два ряда, имеют форму трапеции, чтобы зерно лучше продвигалось сверху вниз, т.к. с движением происходит его рост и увеличение объема. Кондиционированный воздух подается по каналам, которые расположены по обе стороны камеры. Сушка осуществляется в сушилке ЛСХА.

Установка ленточного типа. Мойка зерна происходит в аппарате шнекового типа при температуре 15 °С в течение 2-х час; замачивание осуществляется на перфорированной движущейся ленте воздушно-оросительным способом до влажности 48 %; проращивание на аналогичной ленте в течение 70-ти час. Кондиционированный воздух подается под ленту. Сушка проводится на двух

лентах: на первой - подсушивание, на второй - сушка горячим воздухом при температуре от 55 до 80 °С. Продолжительность сушки 10 час.

5. Специальные способы солодоращения

К этим способам можно отнести солодоращение с накоплением CO_2 и способы переработки ячменя, отличающегося качественными показателями от стандарта.

Солодоращение с накоплением CO_2 (Способ Кропфа). Принцип заключается в условном разграничении процесса на 2 периода. Первый период - накопление ферментов - протекает при доступе кислорода. Второй период - растворение солода, приток воздуха ограничивается, зерно остается в атмосфере CO_2 , который накапливается при дыхании. Это приводит к снижению потерь.

Солодоращение проводится в специальных камерах, которые называются «камеры растворения». Они могут быть квадратного или прямоугольного сечения. В качестве таких камер используются аппараты классического типа или барабаны с ситчатыми трубами. Камеры герметизируют на 4-е сутки проращивания. Развитие корешков приостанавливается, происходит глубокий гидролиз белков, это может привести к перерастворению солода. Для концентрации CO_2 существует определенный предел. При содержании CO_2 более 25 % появляется запах эфиров, а при 30 % - прекращается дыхание зерна. Поэтому в определенные периоды в камерах растворения проводят проветривание. Существует большое и малое проветривание. Цель большого проветривания - уменьшение температуры в слое, снабжение кислородом и удаление всех газообразных продуктов обмена. Для этого кондиционированный воздух продувается сквозь всю зерновую массу. Продолжительность такого проветривания 1,5-2 час. Цель малого проветривания - только отсос избытка CO_2 , он проводится периодически, воздух проходит только в подситовом пространстве, но не пронизывает толщу зерна.

Проращивание ячменя с повышенным содержанием мелкого зерна. Причина: жаркое лето с малым количеством осадков. Крупность такого зерна менее 60 %, а количество мелкого более 7 %. При переработке такого зерна увеличиваются потери, т.к. сита не рассчитаны на мелкое зерно и возможно проскакивание зерен, они забивают сита решеток, нарушается воздухообмен. При мойке такого зерна используют негашеную известь (1,5-3 кг/т). Замачивание проводят при температуре 10-13 °С до влажности 42-43 %. При пониженной жизнеспособности применяют стимуляторы роста.

Продолжительность проращивания не более 7-ми суток по режиму: начальная температура 12 °С; максимальная (в середине проращивания) - 18 °С; в конце - 12 °С. Повышение температуры и длительности приводит к снижению выхода.

Проращивание ячменя с пониженной прорастаемостью. Причина: уборка зерна во влажную погоду; механические повреждения во время обмола; нарушение режимов подсушивания влажного зерна. Наличие непроросших зерен приводит к снижению экстрактивности и ферментативной активности. Замачивание проводят с длительными воздушными паузами (70 % от времени

замачивания), с принудительным отсосом CO₂ при температуре 13-15 °С до влажности 44-45 %. При медленном росте корешков применяют стимуляторы.

Проращивание ведут по холодному режиму не менее 7-7,5 суток, чтобы свести к минимуму опасность плесневения. Режим: начальная температура 14 °С; максимальная (в середине проращивания) - 17 °С; к концу - 13 °С. При сушке увеличивают паузу подвяливания на 3-5 час.

Проращивание водочувствительного ячменя. Причина: обильные осадки при созревании, часто водочувствительность исчезает при длительном послеуборочном дозревании, поэтому перерабатывают после длительной отлежки. При замачивании увеличивают воздушные паузы в 2 раза.

Режимы замачивания и проращивания такие же, как для мелкого зерна. При слабом проращении температуру повышают на 2-3 °С.

Проращивание высокобелкового ячменя. Причина: засуха или применение азотных удобрений. Такой ячмень плохо впитывает влагу, хуже растворяется, дает большие потери и меньший выход экстракта. Замачивание с длительными воздушными паузами до влажности 46-48 %.

Продолжительность проращивания 8-9 суток. Режим рашения: 1-3-е сутки температура повышается с 12 до 18 °С; 4-5-е сутки - 16-14 °С и далее - 13 °С.

При сушке необходимо на 3 часа увеличить первую фазу, чтобы не образовался стекловидный солод. Отсушка - не менее 4-х час для денатурации высокомолекулярных белков, которые вызывают коллоидное помутнение.

6. Интенсификация солодоращения

Производство солода связано с большой потерей сухих веществ на дыхание и ростки. Эти процессы взаимосвязаны, и подавление дыхания обязательно приводит к торможению роста. Поэтому целью совершенствования технологии солода является ускорение процесса и снижение потерь сухих веществ.

Для интенсификации солодоращения применяют физические факторы, биологически активные вещества и химические препараты.

Физические факторы: обработка ультразвуком при частоте колебаний 800 КГц в течение 1-10 мин, при этом проращаемость увеличивается в 2 раза, продолжительность проращивания на 25 %; *механическое воздействие* на оболочку зерна, в результате часть оболочки удаляется и влага быстрее проникает внутрь зерна, замачивание сокращается в 2 раза, продолжительность проращивания на 2 суток. Недостатки: использование дорогостоящего оборудования.

Применение биологически активных веществ (БАВ) - активаторов роста и ингибиторов дыхания. Наиболее широко распространен гиббереллин А₃ - *гибберелловая кислота (ГК)*, она влияет на рост, в больших количествах синтезирует α-амилазу. Обработку проводят при дозе 0,1-0,4 г/т, при этом сокращается продолжительность проращивания на 1-2 суток. Применение одной ГК за счет усиления роста приводит к потерям на дыхание, поэтому совместно с ней рекомендуется использовать ингибиторы дыхания: броматы калия или натрия (0,15-0,20 г/кг), они сдерживают белковое растворение и улучшают цитолиз; аммиак (0,02-0,05 %) уменьшает рост корешков; формальдегид (0,1 % раствор) подавля-

ет рост посторонней микрофлоры; спирты способствуют выщелачиванию флавоновых пигментов и блокируют действие окислительно-восстановительных ферментов. Большой физиологической активностью обладают также ауксины (β -индолилуксусная кислота - ИУК), они регулируют синтез фосфатаз, протеаз. Используются в виде натриевой соли (0,2 г/т), процесс проращивания сокращается на 2 суток. Эффективно также использовать ферментные препараты: Цитороземин ПХ - при переработке высокобелковистых ячменей или комплекс ферментов из целлюлазы, пектиназы, ксиланазы и α -амилазы.

Применение химических веществ: кислоты (1,5-2,0 кг/т) (серная, борная, уксусная, молочная), при их добавлении рН сдвигается в кислую область, это положительно влияет на синтез ферментов; *диаммонийфосфат* (0,8-0,9 кг/т) ингибирует дыхательную систему и ускоряет проращивание, служит дополнительным источником низкомолекулярного азота и фосфора; *декантат ацетонобутиловой барды* (1-2 %) - для обогащения солода витамином РР.

Из всех способов наиболее эффективно применение БАВ, они дают хороший технологический и экономический эффект; вносят их в последнюю замочную воду на 4-6 час, когда зерно хорошо набухло, или в начале проращивания путем опрыскивания.

7. Качество свежепросошедшего солода

Полученный в результате искусственного проращивания зерна продукт называется *свежепросошедшим солодом*. Из 100 кг ячменя получается около 135 кг свежепросошедшего солода. Внешне он отличается от ячменя наличием корешков, проростков, повышенной влажностью и растираемостью мучнистого тела. Все эти свойства взаимосвязаны и дают представление о его качестве.

Запах должен быть свежим, напоминающим огуречный; кисловатый, фруктовый - признак неправильного растворения (интрамолекулярное дыхание в результате длительного и частого опрыскивания, длинные углекислотные паузы, недостаточная вентиляция и др.); затхлый - переработка заплесневелого ячменя, плохая очистка, инфицирование.

Корешки должны быть одинаковой длины, свежими; наличие увядших свидетельствует о потере влаги, это приводит к низкой ферментативной активности и плохому растворению. Большое количество обломанных корешков указывает на частое ворошение или плохую работу ворошителей. Длина корешков должна быть равна 1,5-2 длины зерна, они должны быть длинными, прямыми и тонкими.

Росток листа должен быть развит равномерно. Наличие проростков нежелательно. Наличие большого количества проростков свидетельствует о перерастворении солода и больших потерях сухих веществ. Появление проростков неизбежно при переработке ячменя разного размера и частом опрыскивании, а также при получении темного солода.

Степень растворения визуально определяется путем растирания между пальцами, при этом должен оставаться мучнистый порошок. Если мучнистое тело мажется (следствие перемачивания и недостаточной аэрации), при сушке из

такого солода образуется твердый, стекловидный солод и появляется посторонний запах. Степень растворения для темного солода выше, чем для светлого. Перерастворение опасно для полноты вкуса и пенистости, увеличиваются потери на дыхание, уменьшается выход экстракта. Такой солод отличается глубоким распадом белков, это уменьшает содержание среднемoleкулярной фракции белка, которая является стабилизатором пены. Аналитически степень растворения определяют по отношению гордеина свежепросожденного солода к гордеину ячменя. Если отношение ниже 65 % - растворение очень хорошее; 65-70 % - хорошее; 70-75 % - удовлетворительное; и более 75 % - плохое. Более полно степень растворения определяется в готовом сухом солоде.

Влажность на 1-2 % ниже, чем у замоченного ячменя.

Амилолитическая способность (АС) самая высокая у солодов, выраженных по способу Кропфа. АС для светлого свежепросожденного солода по способу Виндиша-Кольбаха 300-400 ед/г; для темного - 400-500 ед/г.

Потери при проращивании составляют в среднем: на образование ростков - 4,3 %; на дыхание - 5,7 %.

Контрольные вопросы:

1. Какие морфологические изменения происходят в зерне при проращивании?
2. Какие ферменты и в какой последовательности образуются при проращивании?
3. В чем заключается механизм синтеза и активации ферментов?
4. Чем характеризуется цитолиз зерна при проращивании?
5. Как изменяются азотсодержащие вещества ячменя при проращивании?
6. Как глубоко должен протекать гидролиз крахмала при проращивании?
7. За счет каких процессов происходит нарастание кислотности?
8. Какие основные факторы влияют на процесс проращивания?
9. Каково устройство традиционной ящичной солодовни?
10. Каков принцип работы солодорастильного аппарата «передвижная грядка»?
11. Какова технология получения солода статическим способом?
12. Какова особенность получения солода в аппаратах круглого типа?
13. Какие аппараты барабанного типа используются для проращивания?
14. Каково устройство и принцип действия цилиндрикоконического аппарата для производства солода?
15. Какие установки непрерывного действия применяются для проращивания?
16. В чем заключается способ Кропфа?
17. Какие приемы следует использовать при переработке ячменей, отличающихся по качеству от требований стандарта?
18. Какие приемы используются для интенсификации солодоращения?
19. Как оценивается качество свежепросожденного солода?

2.4. СУШКА СВЕЖЕПРОРОСШЕГО СОЛОДА

1. Основные процессы, протекающие при сушке
2. Практика сушки

1. Основные процессы, протекающие при сушке

Сушка свежепроросшего солода - заключительный этап при производстве различных типов солодов. От правильности проведения этого этапа во многом будет зависеть качество получаемого солода.

Цель сушки: снижение влажности и получение продукта с характерным ароматом и цветом.

В соответствии с целью при сушке решаются следующие задачи:

- удаление избытка влаги и перевод солода в устойчивое для хранения состояние;
- устранение запаха и вкуса свежепроросшего солода;
- завершение химико-биологических процессов, происходивших при проращивании;
- получение необходимого химического состава;
- создание для каждого типа солода характерного аромата и соответствующего цвета;
- освобождение от ростков.

Удаление влаги заключается в снижении влажности с 42-46 % (в зависимости от принятой технологии и типа получаемого солода) до 3,5-4 % для светлых и 1,5-2,0 % для темных солодов. В процессе обезвоживания различают 2 стадии: *подсушивание* (сушка при низких температурах до влажности 10 %, удаляется свободная влага) и *нагревание сухого солода* (влага удаляется трудно, т.к. этому препятствуют сначала капиллярные, а затем и коллоидные взаимодействия, которые удерживают влагу в зерне). Различия между этими стадиями положены в основу практики сушки. При получении светлого солода его быстро высушивают при низких температурах и затем переходят к более высоким. И, наоборот, при сушке темного солода необходимо длительное время поддерживать температуру на уровне 60-70 °С, сохраняя при этом влажность около 20 %.

Важным при сушке является соблюдение температурно-влажностного режима. На предыдущих стадиях приготовления солода объем зерна увеличился, в результате растворения в эндосперме образовались мелкие пустоты, которые должны сохраняться как можно дольше за счет правильного проведения сушки. Объем свежепроросшего солода больше объема ячменя на 16-24 %. Это соотношение можно сохранить лишь при осторожном обезвоживании с использованием большого количества воздуха и низких температур. При быстром повышении температуры во влажном солоде внешние зоны зерна затвердевают, поры сморщиваются, затрудняется отведение влаги, которая содержится внутри зерна. Зерно становится тяжелым, жестким. Такое зерно называется *стекловидным*. Такой солод трудно измельчается, дает пониженный выход экстракта. По-

этому при сушке следует соблюдать золотое правило: нельзя повышать температуру выше 50 °С, если влажность не снизилась до 10 %.

Стекловидность бывает крахмальная, белковая, гуммиобразная.

Крахмальная стекловидность: при температуре 60 °С во влажном солоде крахмал клейстеризуется и при более высоких температурах образует твердую, стекловидную массу.

Белковая: белок, который не изменился при проращивании, при оптимальной температуре и высокой влажности денатурирует, продукты денатурации пропитывают мучнистое тело зерна и при повышении температуры превращаются в стекловидную массу.

Гуммиобразная: гемицеллюлозы при высокой температуре и повышенной влажности превращаются в гумми-вещества, они проникают в рыхлый эндосперм и затвердевают.

Создание вкуса и аромата. В процессе сушки солода вещества претерпевают физические, биохимические и химические превращения, в результате которых он приобретает присущий ему вкус и аромат. В зависимости от этих превращений процесс сушки можно разделить на 3 фазы: физиологическую, ферментативную и химическую.

Физиологическая: температура повышается до 40-45 °С, влажность снижается до 30 %, продолжительность фазы составляет 10-12 час. В зерне протекают физиологические процессы, продолжается рост корешков, развитие зародыша, накопление ферментов. Рост продолжается до тех пор, пока влажность не снизится до 20 %, а температура не повысится до 40 °С. Это способствует растворению веществ зерна: увеличивается количество растворимого азота, продуктов распада крахмала. Степень этих изменений тем больше, чем дольше влажность находится в интервале 30 % и температура составляет 30 °С и более. Ускорить фазу можно путем предварительного подвяливания солода перед сушкой и более интенсивной продувкой сушильным агентом при сушке.

Ферментативная: - температура повышается до 45-70 °С, влажность снижается до 10 % для светлого и 20-30 % для темного солода, продолжительность этой фазы 5-7 час. Жизненные процессы приостанавливаются, рост и дыхание зерна прекращаются. Интенсивно протекают процессы гидролиза, т.к. оптимум большинства гидролитических ферментов находится в этом интервале температур. Это будет происходить до тех пор, пока не снизится влажность или не повысится температура, что приведет к частичной инаktivации ферментов. Это учитывают при получении светлого и темного солода. Чем быстрее удаляется влага в период физиологической и химической фаз, тем меньше протекают биологические и ферментативные процессы и меньше накапливается продуктов распада. Это способствует получению светлого солода высокого качества с небольшим содержанием ароматических и красящих веществ. При сушке темного солода, который подсушивается при более высокой температуре и влажности, ферментативные процессы протекают интенсивнее.

Химическая фаза наступает при температуре выше 70 °С. При сушке светлого солода влажность снижается до 3,5-4,0 %, при сушке темного до 1,5-2,0 %. Продолжительность 3-4 часа. Максимальная температура сушки для

светлого солода составляет 80-85 °С, для темного - 100-105 °С. Условия в этот период неблагоприятны для большинства ферментов. Они частично инактивируются, частично адсорбируются коллоидами зерна и переходят в неактивное состояние. Наблюдаются большие потери α -амилазы, но ее активность на 15 % выше, чем в свежепроросшем солоде (за счет увеличения активности во время физиологической фазы). β -амилаза более чувствительна к повышению температуры и при 100 °С значительно инактивируется. Цитаза разрушается уже при 60 °С. Активность гемицеллюлаз при сушке снижается в 1,5-2 раза. Активность липазы в первый период сушки снижается, во второй - возрастает и становится выше, чем в свежепроросшем солоде. Активность фосфатазы сохраняется на 25-30 %. Уменьшается активность протеаз, но эндопептидазы более устойчивы, и активность их повышается в 5 раз. Экзопептидазы при сушке инактивируются. Активность каталазы сохраняется только на 10 %. Очень термостабильны полифенолоксидазы, их активность при сушке не меняется.

Во время химической фазы происходит коагуляция белков, изменяются физико-химические свойства β -глюкана за счет образования соединений с меньшей молекулярной массой. Но наиболее существенными являются химические изменения, которые приводят к образованию красящих и ароматических веществ. Эти реакции начинаются при сравнительно низких температурах, но окончательно цвет и аромат формируются в интервале температур от 95 до 105 °С. Сокращение химической фазы влечет за собой снижение качества готового продукта, ухудшается вкус, аромат, стойкость и пенообразование.

Образование цвета и аромата происходит за счет следующих процессов: реакции меланоидинообразования; термического расщепления протеинов (образование термомеланоидинов); термического расщепления углеводов (образование карамелей); окисления полифенолов (образование меланинов). Но основная роль в формировании цвета и аромата при сушке солода принадлежит реакции *меланоидинообразования*. Эта реакция не является простой конденсацией аминокислот с сахарами. Это более сложный процесс, который сопровождается глубокими окислительно-восстановительными превращениями с образованием ряда промежуточных продуктов. Взаимодействие аминокислот с сахарами приводит к образованию летучих альдегидов, которые в большей мере влияют на аромат получаемого продукта. Часть альдегидов (в частности, оксиметилфурфурол) образуется при термическом разложении сахаров. В дальнейшем при взаимодействии аминокислот, пептонов с фурфуролом, оксиметилфурфуролом и другими альдегидами образуются меланоидины.

При сушке пивоваренного солода в присутствии аминов образуются также редутоны - соединения с сильно выраженной восстанавливающей способностью. Восстанавливающие свойства проявляют и другие соединения с кольцевой структурой, например, *редуктоновая кислота*, которая образуется при гидролизе пектинов и ксилозы. Окрашивание редутонов ускоряется аминокислотами. Высокой реакционной способностью обладают также *метилглиоксаль*, *глицериновый альдегид*, *диацетил*, *ацетоин* и др.

Наиболее легко вступают в реакцию *метилглиоксаль* и *пентозы* (ксилоза, арабиноза). Менее активны *гексозы* (фруктоза, глюкоза, галактоза, манноза).

Из-за недостатка свободных карбоксильных групп очень медленно реагирует *сахароза*. Из аминокислот обладают высокой активностью серосодержащие. Продукты реакции различных аминокислот определяют не только разное окрашивание, но и дают своеобразный запах и вкус. Например, *гликоколь* придает продукту интенсивную окраску, запах пивного колера и слабокислый привкус. *Аланин* дает аналогичный продукт, но с менее интенсивным окрашиванием. *Валин* реагирует медленно, дает коричневую окраску и приятный запах, напоминающий аромат розы. *Лейцин* дает продукт с незначительной окраской, но с сильным хлебным запахом.

Меланоидины придают пиву характерный цвет, вкус и аромат. Являются хорошими пенообразователями, образуют прочные поверхностные пленки на пузырьках CO₂. Благодаря своим восстановительным свойствам предотвращают окислительные помутнения.

При сушке происходит разрушение S-метилметионина и образование диметилсульфида (ДМС). В ДМС могут превращаться серосодержащие аминокислоты через реакцию меланоидинообразования. На содержание ДМС очень влияет температура сушки. Даже при 80 °С в течение 5-ти час удаляется не весь ДМС. Для лучшего его удаления следует проводить отсушку при температуре не ниже 85 °С.

2. Практика сушки

Сушку свежепросоженного солода проводят в солодосушилках. Они классифицируются по разным признакам:

- по ориентации слоя солода (горизонтальные и вертикальные);
- по количеству ярусов (одно-, двух- и трехъярусные);
- по форме сушильной решетки (прямоугольные и круглые);
- по структуре рабочего цикла (периодические, циклические, непрерывные).

Горизонтальные сушилки наиболее просты в конструктивном исполнении. Бывают одно-, двух- и трехъярусные. Это сушилки периодического действия. Подача солода производится подъемником.

Свежепросошенный солод загружается на верхнюю решетку (ярус) слоем 20-30 см. Каждый ярус имеет загрузочно-разгрузочный шнек. Сушильный агент - горячий воздух. Трехъярусная сушилка отличается от двухъярусной тем, что имеется три решетки.

Горизонтальные сушилки громоздки, малопродуктивны, но потребляют много топлива, поэтому в настоящее время двухъярусные сушилки модернизированы и высота слоя в них на верхней решетке может достигать 0,7 м. Горизонтальные решетки поворотные и опрокидывающиеся. Ворошители в таких сушилках не применяются. Сушка проводится, как в горизонтальной с высоким слоем.

Режим сушки светлого солода на двухъярусной сушилке. На верхней решетке производится подвяливание и удаление большей части влаги. Начальная температура сушки на этой решетке 35-40 °С, конечная - 50-60 °С. Влажность снижается с 45 до 10 %. Обезвоживание проводится при сильной тяге воздуха.

После этого солод перегружается на нижнюю решетку, где влажность снижается до 3,5-4 % при максимальной температуре 80 °С. Отсушка при этой температуре проводится 3-5 час.

Продолжительность сушки по 10-12 час на каждой решетке.

Режим сушки темного солода на двухъярусной сушилке. Сушка темного солода сложнее, чем светлого. На верхней решетке подсушивание протекает в 3 стадии: 1-я стадия подсушивания - в течение 12-14 час при температуре 35-40 °С, влажность снижается до 20-23 % (происходит дальнейшее растворение солода, скорость подачи сушильного агента невелика, чтобы не было обезвоживания); 2-я стадия - накопление сахаров при температуре 55-60 °С, влажность поддерживается на уровне 20-23 % (это достигается тем, что скорость движения воздуха снижается до минимума, такая влажность необходима для протекания процессов гидролиза). Затем солод перегружается на нижнюю решетку. Завершается 3-я стадия подсушивания при температуре около 50 °С, влажность снижается до 10 %. Общая продолжительность подсушивания 36 час. После этого проводится сушка в 2 стадии: 1-я стадия - температура 70 °С, влажность снижается до 5-6 %, продолжительность 6-7 час; 2-я стадия - образование ароматических и красящих веществ, температура 102-105 °С, влажность снижается до 1,5-2,5 %, продолжительность 4-5 час.

В настоящее время находят широкое применение одноярусные сушилки. В них же переоборудуют и двухъярусные. При этом ликвидируется нижняя решетка, и освобождается площадь для установки дополнительного калорифера. Исключается операция перегрузки солода с решетки на решетку. Сушилки полностью механизированы. Высота слоя от 0,8 до 1,5 м. Ворошения не производится.

Горизонтальные одноярусные сушилки прямоугольного сечения. Свежепроросший солод (рис. 31) при помощи загрузочного шнека (1) загружается на решетку (4) и равномерно распределяется с помощью поворотной трубы (2). После загрузки вентилятором (7) подают под решетку воздух, нагретый в калорифере (9). Расход воздуха регулируется заслонкой (8). На стадии подвяливания воздух сильно увлажняется, и его удаляют в атмосферу. На заключительной стадии используют рециркулированный воздух. С помощью поворотной заслонки (12) обеспечивают рециркуляцию по воздуховоду (11), т.к. воздух на этой стадии сушки сухой, горячий, и выброс его в атмосферу нерационален.

Режим сушки. Подсушивание длится 10-12 час с продувкой большого количества воздуха. Начальная температура составляет 45-55 °С, к концу подсушивания - 65 °С. Влажность снижается в нижнем слое до 6-7 %, в верхнем - до 18-20 %. Далее происходит нагревание до температуры сушки: до 70 °С - 1 час, затем до 75 °С - 1 час и до 80 °С - 1 час. Возможен непрерывный подъем температуры с 60 до 80 °С со скоростью 5 °С/час. Продолжительность отсушки при температуре 80-85 °С составляет 4-5 час. Общая продолжительность сушки составляет 18 час. Основной недостаток таких сушилок: трудно оптимизировать режим сушки. В верхнем слое более длительное время протекают физиологические и ферментативные процессы, а в нижнем - на столько же дольше химические. В результате цвет повышается.

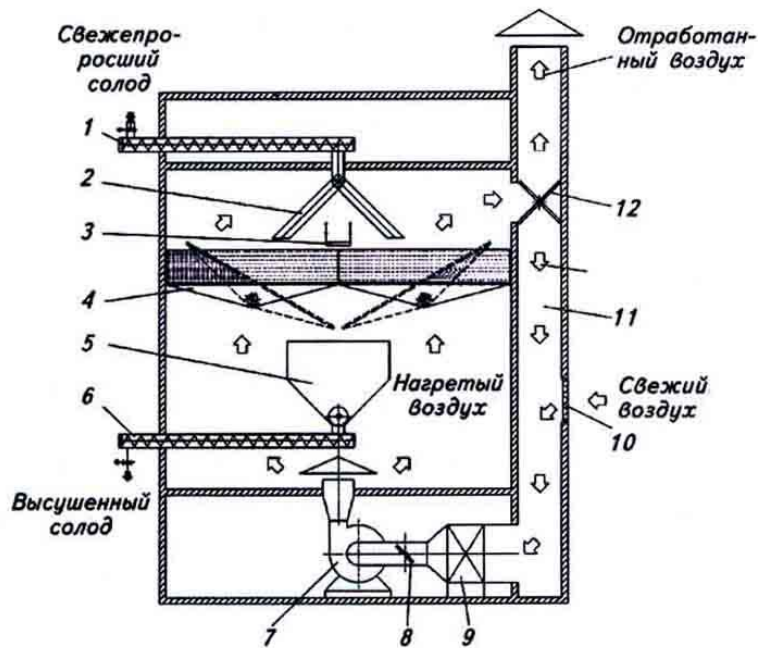


Рис. 31. Сушилка горизонтальная одноярусная прямоугольного сечения:

1 - загрузочный шнек; 2 - поворотная труба; 3 - площадка для обслуживания;
4 - сушильная решетка; 5 - бункер; 6 - шнек; 7 - вентилятор; 8, 10, 12 - заслонка; 9 - калорифер; 11 - воздухопровод

Горизонтальные одноярусные сушилки круглого сечения. Эти сушилки используются в настоящее время при строительстве новых солодовенных заводов. Они имеют ряд преимуществ: простота загрузки и выгрузки; полная механизация; равномерность загрузки по слоям; равномерность распределения воздушных потоков; простота конструкции. Устройство такой сушилки приведено на рис. 32. Сушильная решетка (3) имеет кольцевую форму, в центре расположен поворотный разгрузочный бункер (5), через него производится выгрузка сухого солода на конвейер (6). Сушильная решетка опирается на опоры (7), высота пространства под решеткой 2 м. Сушилка имеет загрузочно-разгрузочный шнек (8), который вращается вокруг центральной оси и может изменять свое положение по высоте. Загрузку проводят послойно сверху. Воздух для сушки подогревают в калорифере (1) и вентиляторами (2) подают под решетку сушилки. Воздуховоды имеют заслонки (10 и 11) для регулирования потоков рециркулируемого и холодного воздуха. Отработанный воздух отводят через стеклянный теплообменник (рекуператор) (9), в нем теплоту отработанного воздуха используют для подогрева холодного.

Продолжительность сушки составляет 24 часа для светлого и 48 час для темного солода.

Перед разгрузкой высушенный солод продувают холодным воздухом для охлаждения до температуры 40-50 °С. При разгрузке стенка цилиндрической части бункера отодвигается внутрь и шнек (8) перемещает солод от периферии к люку. Выгрузка осуществляется так же послойно сверху вниз.

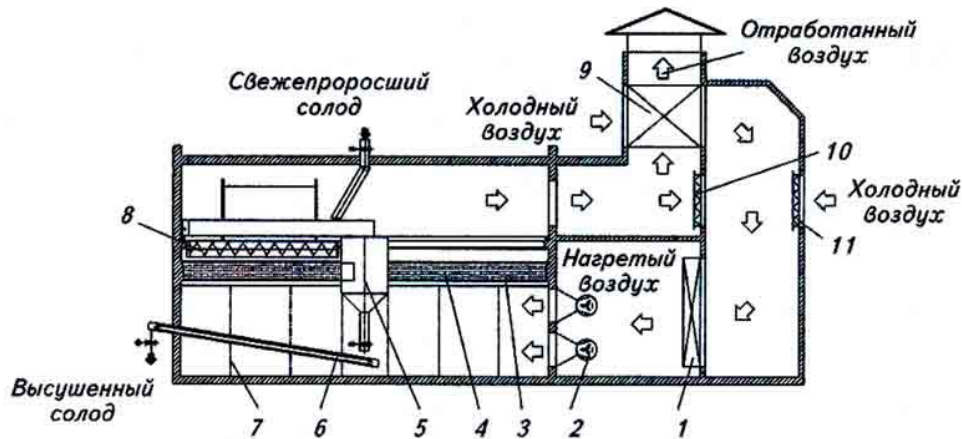


Рис. 32. Сушилка горизонтальная одноярусная круглого сечения:
 1 - калорифер; 2 - вентилятор; 3 - сушильная решетка; 4 - слой солода;
 5 - бункер; 6 - конвейер; 7 - опора; 8 - шнек; 9 - теплообменник; 10, 11 - заслонка

Вертикальные солодосушилки представляют собой несколько узких, вертикально расположенных шахт шириной 20 см с решетчатыми стенками. В эти шахты загружается свежепроросший солод. Между солодовенными шахтами имеются вертикальные воздушные шахты шириной 80 см с перегородками, они служат для притока воздуха. Сушилка разделена горизонтальными перегородками на 2 или 3 яруса (двух- или трехъярусная).

Эти сушилки производительнее и экономичнее горизонтальных. Загрузка производится с помощью загрузочного конвейера, который продвигается вдоль верхнего этажа со скоростью 1 м/мин и при помощи грабельных ворошителей со скоростью 3 об/мин сдвигает солод с шахты сушилки. Воздух проходит в сушилке зигзагообразно. Перекрывая заслонками каналы, можно менять направление движения воздуха. Для равномерного высушивания направление движения воздуха меняют каждые 4-6 час.

Готовый солод выгружается из нижней части сушилки, а солод из верхней опускается в нижнюю. Продолжительность сушки светлого солода составляет 24 часа на двухъярусной и 36 час на трехъярусной. Начальная температура сушки 38 °С, максимальная - 85 °С, продолжительность отсушки 3-4 часа. Производительность таких сушилок в 1,5-3 раза выше горизонтальных. Главный недостаток: при перегрузке солода из одной зоны в другую нарушается технологический режим (резко понижается температура в слое и скорость сушки).

Сушилки непрерывного действия. К таким сушилкам относится вертикальная сушилка ЛСХА, достаточно широко используемая на солодовенных предприятиях, и современная сушилка карусельного типа. В этих сушилках устраняется часть недостатков периодических сушилок, а также сокращается продолжительность сушки.

Сушилка ЛСХА (рис. 33). Свежепроросший солод по конвейеру (7) при помощи распределителя (8) равномерно распределяется по камере подвяливания (6), где продувается теплым воздухом (температура 25 °С), который нагнетается

вентилятором (5) через воздуховоды (9). Влажность снижается до 35 %. Затем солод перегружается через загрузочные шахты (10) в сушильные шахты (14), которые имеют вид трапеции с небольшим расширением книзу (ширина верхней части 185 мм, нижней - 275 мм), чтобы не происходило зависания солода.

Солод движется по шахтам непрерывным потоком сверху вниз под действием силы тяжести и непрерывно продувается потоком воздуха. Изменить направление движения воздуха можно перекрыванием каналов (12, 13). Условно в сушилке можно выделить 4 зоны.

Температура в 1-й зоне 50 °С, влажность снижается до 24 %; 2-я зона - температура 60-70 °С, влажность снижается до 12 %; 3-я зона - температура 81 °С, влажность снижается до 6 %; 4 зона - температура 85 °С, влажность снижается до 3 %.

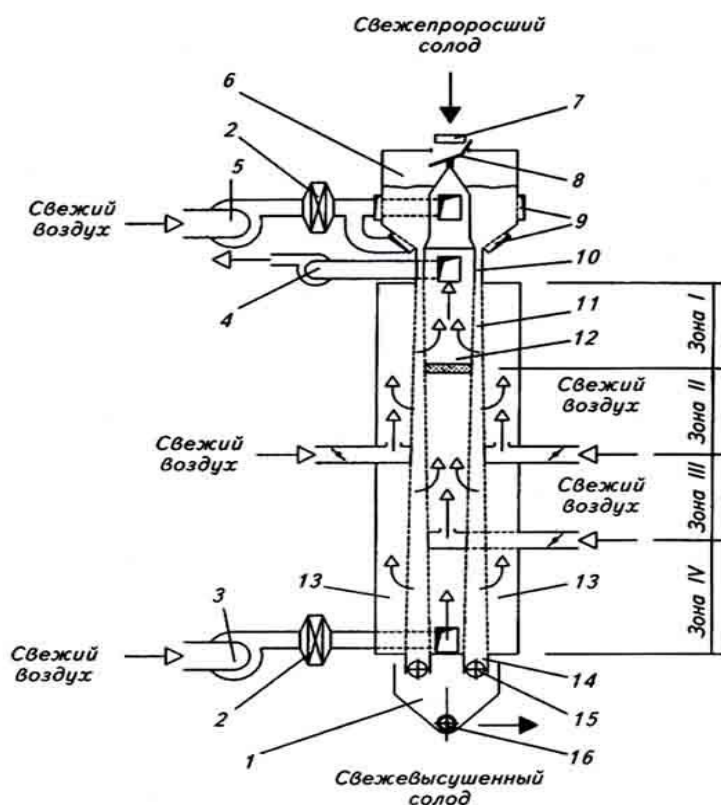


Рис. 33. Сушилка ЛСХА:

1 - бункер; 2 - калорифер; 3, 4, 5 - вентилятор, 6 - камера подвлиявания;
7 - конвейер; 8 - распределитель; 9, 12, 13 - воздуховоды; 10, 11, 14 - загрузочная, сушильная
и разгрузочная шахты; 15 - валки; 16 - шнек

Такие режимы и интенсивная обработка солода сушильным агентом позволяют сократить продолжительность сушки до 15-17 час. Сокращается физиологическая фаза и частично ферментативная. Высушенный солод выгружается с помощью валков (15) в приемный бункер (1) и шнеком (16) направляется на дальнейшую переработку. В качестве недостатков сушилки можно отметить повреждение солода за счет трения при перемещении и трудоемкость обслуживания.

Сушилка карусельного типа (рис. 34). Такие сушилки могут быть привязаны к ящичным солодовням и солодовням типа «передвижная грядка».

Свежепроросший солод подается конвейером (5), при помощи шнека и вращающейся платформы (4) распределяется равномерно по бункеру-питателю (6). Сушка происходит в плотно движущемся слое сверху вниз. Опускание слоя сухого солода происходит за счет непрерывного отбора нижнего слоя разгрузочным устройством (10) и одновременного пополнения верхнего слоя свежепроросшим солодом. Разгрузочное устройство выполнено в виде шнека. На верхней крышке корпуса шнека расположен рыхлитель. В процессе сушки из-за вращения перфорированной платформы нижний слой солода, который отделен от остальной массы рыхлителем, попадает на шнек и через шлюзовой затвор (12) удаляется из зоны сушки. Высота удаленного слоя солода соответствует диаметру корпуса шнека. Пополнение верхнего слоя происходит через бункер-питатель под действием гравитационных сил. Скорость вращения платформы, высота высушиваемого и удаляемого слоя, количество и температура сушильного агента согласованы между собой и определяют максимальную производительность сушилки. Продолжительность сушки 12,5-15 час. Температура сушильного агента составляет 80 °С. *Особенностью сушилки является противоточное движение солода и сушильного агента.* Это обеспечивает равномерную сушку по высоте. Равномерность сушки по площади обеспечена вращением сушильной решетки вместе с солодом. Такие сушилки имеют высокую производительность (до 45 т/сут), низкий расход тепла и электроэнергии, хорошее качество солода, полное использование потенциала сушильного агента.

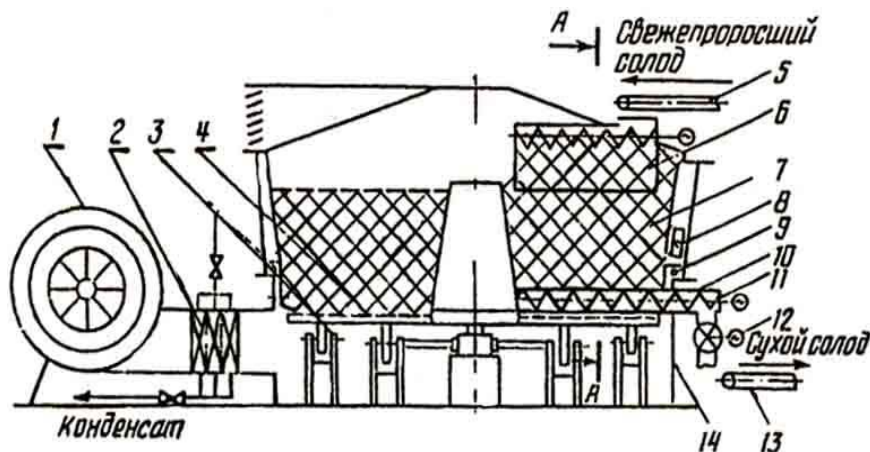


Рис. 34. Сушилка карусельного типа:

- 1 - вентилятор; 2 - калорифер; 3 - платформа; 4 - перфорированная платформа;
5, 13 - конвейер; 6 - бункер; 7 - сушильная камера; 8 - воздуховод; 9 - ролик-опора;
10 - винтовой конвейер-шнек; 11 - корпус; 12 - затвор; 14 - стойка

Контрольные вопросы:

1. Какова цель и задачи сушки?
2. Как происходит удаление влаги при сушке?
3. Каковы причины образования стекловидного солода?
4. Что происходит в период физиологической стадии сушки?
5. В чем отличие в режимах сушки светлого и темного солода?

6. Как происходит инактивация ферментов при сушке?
7. За счет каких реакций формируется цвет и аромат солода?
8. За счет чего происходит образование ДСМ, как он влияет на вкус пива?
9. Как производится сушка солода на горизонтальных сушилках?
10. В чем особенность сушки солода в одноярусных сушилках?
11. Каково устройство и принцип работы вертикальных сушилок?
12. Каков принцип работы сушилок непрерывного действия?
13. В чем особенность сушки солода в сушилке карусельного типа?

2.5. ОБРАБОТКА И ХРАНЕНИЕ СОЛОДА

1. Отделение ростков
2. Хранение солода
3. Качество готового солода

1. Отделение ростков

Солод после сушки необходимо охладить и освободить от ростков. В горячем состоянии солод нельзя направлять на хранение, т.к. усиливается его цвет, ухудшается вкус и снижается ферментативная активность. Частично солод охлаждают в бункерах (если сушилка имеет невысокую производительность) или с помощью аэрации холодным воздухом (в одноярусных сушилках высокой производительности). В растительно-сушильных ящиках снижение температуры происходит медленно, путем рециркуляции воздуха. Температура солода должна быть снижена до 35 °С. Дальнейшее охлаждение происходит в росткоотбойной машине. После отделения ростков солод должен иметь температуру 20 °С, с более высокой температурой нельзя направлять его на хранение.

Удаление ростков производится сразу после охлаждения, они гигроскопичны, быстро поглощают влагу и теряют хрупкость, содержат горькие вещества, которые отрицательно влияют на вкус пива и придают солоду интенсивную окраску.

Машины для отделения ростков бывают барабанные, шнековые и пневматического типа.

Росткоотбойная машина барабанного типа (рис. 35) представляет собой медленно вращающийся перфорированный барабан (2), внутри которого расположен бичевой барабан (3) с винтообразными лопастями, которые вращаются с большей частотой. Солод подается внутрь барабана при помощи шнека (1). Ростки отделяются в результате трения зерен и воздействия лопастей, проходят через отверстия в барабане и удаляются шнеком (6). Очищенный солод на выходе из машины продувается потоком воздуха.

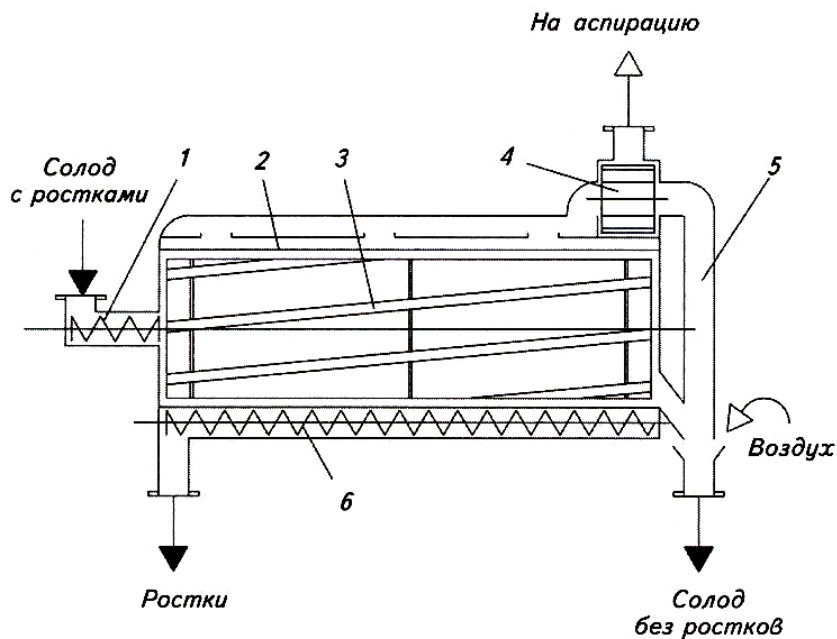


Рис. 35. Росткоотбойная машина барабанного типа:
 1 - загрузочный шнек; 2 - ситчатый барабан; 3 - бичевой барабан;
 4 - вентилятор; 5 - аспирационный канал; 6 - шнек для выгрузки ростков

Росткоотбойная машина шнекового типа (рис. 36). Удаление ростков происходит за счет внутреннего трения между зернами. Применение шнеков оправдано только на заводах большой производительности. Шнек установлен в лотке под определенным углом. При трении зерен друг о друга ростки отбиваются и, проходя через плоский шнек (2) и прорези во вкладыше (4), попадают в конический корпус на транспортный шнек (5) и удаляются. Работа установки требует интенсивной аэрации для удаления легких примесей. Способ является самым благоприятным для сохранения качества солода, т.к. при взаимном трении зерна не повреждаются.

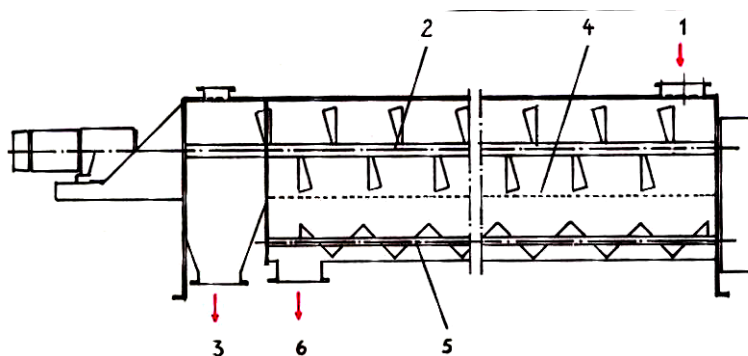


Рис. 36. Росткоотбойная машина шнекового типа:
 1 - загрузка солода; 2 - лопастной шнек; 3 - выгрузка солода;
 4 - ситовой вкладыш; 5 - транспортный шнек; 6 - выгрузка ростков

Росткоотбойная машина пневматического типа (рис. 37). Установка состоит из компрессора (1), загрузочного устройства (2), отбойника ростков (3) и воздушного сепаратора (5), из которого воздух с ростками передается в циклон (7), там ростки осаждаются, а воздух очищается в рукавном фильтре. Очищенный солод и ростки отводят через затворы (6 и 8).

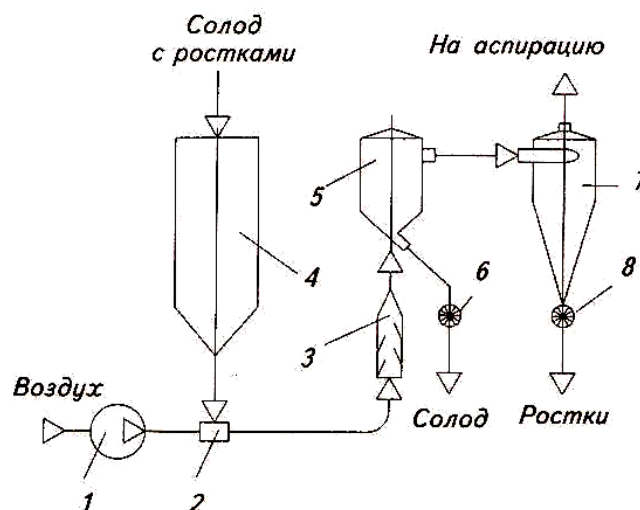


Рис. 37. Росткоотбойная установка пневматического типа:
 1 - компрессор; 2 - загрузочное устройство; 3 - отбойник ростков;
 4 - бункер солода; 5 - воздушный сепаратор; 6, 8 - затворы; 7 - циклон

2. Хранение солода

Очищенный от ростков солод не может быть сразу использован на приготовление пива. Он имеет низкую влажность, в результате этого мелко дробится, сусло плохо осахаривается, фильтруется, бродит. При хранении солода протекают физические и химические изменения. В основном, все изменения происходят за счет поглощения влаги. Благодаря этому увеличивается масса и объем солода, оболочка становится более эластичной, и улучшаются процессы дробления и затирания.

Коллоиды солода поглощают гидратационную влагу, повышается активность ферментов. Так, при увеличении влажности на 1,6 % активность эндопептидаз увеличивается на 3 %, аминопептидаз на 1,5 %, карбоксипептидаз на 16,5 %, дипептидаз на 38,5 %.

Увеличивается количество растворимых азотистых и минеральных веществ, повышается титруемая кислотность.

Влажность солода может повышаться в среднем на 2-3 %. Для солода нормального растворения большое поглощение влаги нежелательно, т.к. это приводит к усилению ферментативной активности, перерастворению солода и потере сухих веществ. Для плохорастворенного солода повышение влажности благоприятно, т.к. при хранении в нем повышается экстрактивность и улучшается осахаривание.

Для завершения физико-химических процессов солод должен пройти отлежку не менее 4-х недель. Способы хранения солода аналогичны способам хранения ячменя. Хранят его на полу, в закромах и силосах. При хранении стараются засыпать в один силос солод одинакового качества, цвета и экстрактивности.

Хранят солод при температуре 10-30 °С. Влажность после хранения должна быть не выше 6 %. При хранении в помещениях с повышенной влажностью и температурой 30-35 °С солод приобретает неприятный горьковатый привкус, может подвергаться самосогреванию.

3. Качество готового солода

Качество готового солода оценивается по органолептическим и физико-химическим показателям и определяется согласно ГОСТ 29294-92. В зависимости от качества светлый солод делится на 3 класса (высокого качества, первый и второй), темный солод на классы не подразделяют.

Внешний вид - зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей.

Цвет - от светло-желтого до желтого. Не допускаются тона зеленоватые и темные, обусловленные плесенью.

Запах - для светлого солода характерен солодовый, для темного - более концентрированный хлебный аромат. Не допускается кислый и запах плесени. Запах плесени появляется при использовании плохо очищенного ячменя, с большим количеством зерновой примеси, а также в результате развития плесени при хранении, особенно при наличии поврежденных зерен, поэтому количество заплесневелых и битых зерен в готовом солоде должно быть не более 0,5 %.

Вкус - солодовый, сладковатый. Не допускаются посторонние привкусы.

Оболочка должна быть блестящей. Размеры - такие же, как у ячменя. Меньший объем говорит о неправильном ведении процесса сушки. Обычно это стекловидные зерна. Солод должен быть чистым, без посторонних примесей.

По физико-химическим показателям светлый и темный солод должен соответствовать требованиям, приведенным в таблице 5.

Таблица 5

Физико-химические показатели светлого и темного солодов

Наименование показателей	Светлый солод			Темный солод
	Высокого качества	1 класс	2 класс	
Проход через сито (2,2x20 мм), %, не более	3,0	5,0	8,0	8,0
Массовая доля сорной примеси, %, не более	Не доп.	0,3	0,5	0,3
Количество зерен, %:				
- мучнистых, не менее	85,0	80,0	80,0	90,0
- стекловидных, не более	3,0	5,0	10,0	5,0
- темных, не более	Не доп.	Не доп.	4,0	10,0

Влажность, %, не более	4,5	5,0	6,0	5,0
Массовая доля экстракта в сухом веществе солода тонкого помола, %, не менее	79,0	78,0	76,0	74,0
Разница массовых долей экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помолов, %	Не более 1,5	1,6-2,5	Не более 4,0	-
Массовая доля белковых веществ в сухом веществе солода, %, не более	11,5	11,5	12,0	-
Отношение массовой доли растворимого белка к массовой доле белковых веществ в сухом веществе солода, % (число Кольбаха)	39-41	-	-	-
Продолжительность осахаривания, мин, не более	15	20	25	-
Лабораторное сусло:				
Цвет, см ³ раствора йода концентрацией 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ воды, не более (ц.ед.)	0,18	0,20	0,40	0,5-1,3
Кислотность, см ³ раствора гидроксида натрия концентрацией 1 моль/дм ³ на 100 см ³ сусла, (к.ед.)	0,9-1,1	0,9-1,2	0,9-1,3	-
Прозрачность (визуально)	Прозрачное		Допускается небольшой опал	-

Мучнистость является критерием степени растворения солода, влияет на выход экстракта. Определяется визуально путем разреза зерна.

Стекловидность чаще всего связана с неправильным проведением процесса сушки, но иногда и с использованием стекловидного ячменя. По количеству стекловидных зерен можно оценить качество растворения: 0-2,5 % - очень хорошее; 2,5-5,0 - хорошее; 5,0-7,5 - удовлетворительное и более 10 % - плохое. Увеличение количества стекловидных зерен приводит к увеличению разницы в массовых долях экстракта тонкого и грубого помола.

Влажность солода влияет на процессы дробления и затирания. При дроблении солода с пониженной влажностью увеличивается доля муки, в результате чего понижается скорость фильтрования. При дроблении же влажного солода снижается количество муки, улучшается процесс фильтрования, но снижается выход экстракта.

Разность массовых долей экстрактов тонкого (90 % муки) и грубого (25 % муки) помолов характеризуется степенью цитолитического растворения, этот показатель влияет на выход экстракта, фильтрование сусла, брожение и пенообразование. При разнице менее 2,2 - растворение очень хорошее; 2,3-3,0 - хорошее; 3,1-3,8 - среднее; 3,9-4,6 - плохое и более 4,6 - очень плохое.

Массовая доля белковых веществ в солоде обычно на 0,1-0,5 % ниже, чем в ячмене.

Число Кольбаха характеризует степень белкового растворения солода, по этому показателю оценивают выход экстракта, общий азот сусла, пенообразование, полноту вкуса. При значении этого показателя более 41 % - солод растворен очень хорошо; 35-41 % - растворение хорошее; менее 35 % - не достаточное.

Продолжительность осахаривания зависит от растворения солода и активности амилолитических ферментов. Солод плохо растворенный, из стекловидных и неотлежавшихся ячменей осахаривается хуже. Солод, высушенный при высоких температурах, имеет низкую активность ферментов и так же хуже осахаривается. Быстро осахариваются перерастворенные солода и отсушенные при низких температурах.

По цветности сусла оценивают качество солода с точки зрения использования его для получения светлого пива. В странах, входящих в Европейскую пивоваренную Конвенцию (ЕВС), цветность определяют в ед. ЕВС. **Цветность (ед. ЕВС) = Цвет (ц.ед) : 0,0625.**

Амилолитическая способность (АС, *диастатическая сила*) - показатель амилолитической активности - выражается в единицах Виндиша-Кольбаха. Солод очень хорошего качества имеет АС более 250 ед/г; низкого - менее 150 ед/г; темный солод имеет АС - 150-170 ед/г.

Абсолютная масса - 29-38 г. При сравнении абсолютной массы ячменя и солода получают потери при проращивании.

Содержание мальтозы. Сусло из светлого солода содержит 65-72 % мальтозы, из темного солода - 59-65 %. Этот показатель влияет на процессы брожения и дображивания.

Содержание аминного азота - 160-230 мг/100 г. Он участвует в метаболизме дрожжей.

Одним из простых способов оценки качества солода является проба на погружаемость. Хорошо растворенный солод плавает на поверхности (он легче воды, т.к. в нем содержится воздух), а плохо растворенный - погружается в воду или тонет. Содержащие тонущих зерен у хорошо растворенного светлого солода должно быть 30-35 %, у темного - 25-30 %.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью и каким образом солод охлаждают после сушки?
2. Почему необходимо солод сразу после охлаждения отделять от ростков?
3. Какие существуют установки для отделения ростков?
4. Какие процессы протекают при хранении солода?
5. Каковы условия хранения солода?

6. По каким органолептическим показателям оценивается солод?
7. По каким физико-химическим показателям оценивается светлый солод?
8. Как оценивается темный солод?
9. По каким показателям можно оценить степень растворения?
10. По каким дополнительным показателям можно оценить качество солода?

ГЛАВА 3. ПРОИЗВОДСТВО СПЕЦИАЛЬНЫХ СОЛОДОВ

1. Карамельный солод
2. Жженный солод
3. Ароматный солод
4. Меланоидиновый солод
5. rH-солод
6. Высокоферментативный солод
7. Протеолитический солод
8. Солода короткого ращения

Кроме светлого и темного солода в зарубежной и отечественной практике используют специальные ячменные солода, которые можно классифицировать по назначению на 2 группы:

- используемые для улучшения аромата, вкуса и цвета пивного сусла и готового пива;
- используемые для корректировки и улучшения проведения технологических процессов затирания, брожения и дображивания.

Первая группа солодов обеспечивает сортовые особенности пива, улучшает его качество и стойкость. К этой группе относят: карамельный, жженный, ароматный, меланоидиновый, rH-солод.

Применение солодов второй группы дает технологические и экономические преимущества, особенно при использовании несоложенного сырья. К этой группе относят: высокоферментативный, протеолитический солода.

Солода короткого ращения занимают промежуточное положение между «наклонувшимся» зерном и готовым солодом. Готовят их для улучшения протекания процессов затирания и уменьшения потерь при солодоращении путем раннего завершения процесса проращивания. Их можно выделить в отдельную группу в рамках второй группы солодов технологического назначения.

1. Карамельный солод

Этот тип солода находит наиболее широкое применение в пивоваренной промышленности. Основное условие, которое должно соблюдаться при приготовлении этого солода, - максимальное накопление аминокислот, пептидов и сахаров с тем, чтобы получить как можно больше продуктов реакции меланоидинообразования - ароматических и красящих веществ в процессе сушки.

Готовят его, в основном, из хорошо растворенного свежепроросшего солода. Можно также использовать и сухой солод. Для получения карамельного солода используют ячмень с высоким содержанием белка (12-16 %). Использование свежепроросшего солода по сравнению с сухим имеет ряд *преимуществ*: снижаются потери сухих веществ на дыхание, которые возможны в первый период сушки; снижаются энергозатраты и увеличивается коэффициент использования солодовенных площадей и оборудования.

Технология карамельного солода включает 4 этапа: замачивание, проращивание, ферментативный гидролиз свежепроросшего солода, термическую обработку (сушку и обжаривание).

Отсортированный вымытый и продезинфицированный ячмень выдерживают в теплой воде 2-3 часа при температуре 40 °С. Это способствует ускорению образования амилолитических и протеолитических ферментов и позволяет снизить потери на корешки и проростки.

Замачивание проводят любым способом до влажности 45-47 % при температуре замочной воды 10-14 °С в течение 30-40 час.

Проращивание осуществляют в условиях максимального накопления ферментов при высокой влажности (46-47 %), хорошей аэрации и повышенной температуре (16-20 °С) в течение 5-ти суток. Далее процессы роста замедляются и начинают активно протекать процессы гидролиза. Для этого свежепроросший солод с влажностью 44-46 % увлажняют дополнительно до содержания влаги 50 %. Это можно осуществить с помощью орошения водой с температурой 25-30 °С или путем подачи теплого кондиционированного воздуха. При этих условиях происходит разжижение эндосперма за счет оптимальной температуры и высокой влажности.

Ферментативный гидролиз. Цель: накопление максимального количества продуктов распада белков (аминокислот, пептонов) и крахмала (сахаров), которые являются исходными веществами для образования меланоидинов, и полное разжижение эндосперма. Состояние эндосперма определяет скорость образования меланоидинов и структуру карамельного солода. Максимально разжижить эндосперм можно только в результате клейстеризации крахмала, которая протекает при влажности 50 % и температуре 70-80 °С. Поэтому производят ступенчатое нагревание свежепроросшего солода для полной клейстеризации и осахаривания крахмала. Нагревают конвективным способом паром или насыщенным влагой воздухом. Увлажняют с помощью оросительной системы теплой водой. Подготовленный к термической обработке солод должен иметь влажность 50-55 % и полностью разжиженный эндосперм. Медленно нагревают солод до температуры 50 °С и выдерживают 1 час. При этих условиях происходит полное растворение эндосперма, накопление низкомолекулярных продуктов гидролиза белков. Количество аминокислот увеличивается в 2-4 раза. Затем температуру медленно повышают до 70 °С и делают вторую выдержку в течение 1-го часа для осахаривания крахмала. Продолжительность цикла ферментативного гидролиза составляет около 3-х час. Количество мальтозы увеличивается в 5-8 раз. Расщепление белков происходит глубже, чем крахмала, кислотность повышается, обра-

зуются избыток низкомолекулярного растворимого азота. Эту операцию проводят в обжарочных барабанах или в сушилках с «кипящим слоем».

Термическая обработка. Цель: снижение влажности и образование ароматических и красящих веществ. Сушку, термическую обработку и охлаждение более целесообразно проводить в сушилках с «кипящим слоем». В первый период сушки при снижении влажности с 60 до 10 % температура составляет 90-100 °С. В этих условиях в «кипящем слое» корешки обламываются и уносятся из камеры в циклон. Затем проводится термическая обработка при импульсивной подаче сушильного агента. Можно также для этих целей использовать обжарочный барабан. Карамельный солод выпускают трех типов: очень светлый, светлый и темный.

Очень светлый солод выдерживают 45-60 мин в обжарочном аппарате при температуре 60-80 °С для разжижения и осахаривания крахмала и затем высушивают в сушилке при температуре 60-70 °С. Зерно имеет светлую оболочку, цвет его 0,8-2,0 Лн.

1 ед. Линтнера - окраска фильтрата, полученного из 100 г карамельного солода, одинаковая со стандартным раствором.

Светлый (нормальный) солод обжаривают 1 час при температуре 130-150 °С. Зерно имеет хрупкую коричневую оболочку, приятный вкус и слабую горечь. В разрезе зерно стекловидное. Матовый вид указывает на неосахаренный крахмал, количество неосахаренных зерен должно быть минимальным. Не должно быть жженных зерен. Цвет 20-25 Лн.

Темный солод обжаривают 1 час при температуре 150-180 °С. При такой температуре ферменты инактивируются, из сахаров образуются типичные карамельные вещества. Солод характеризуется сильным карамельным ароматом и горьковатым вкусом. Зерно имеет стекловидный разрез от темно-рубинового до черного цвета. Цвет 35-40 Лн.

После обжаривания карамельный солод выгружают из барабана, зерно еще мягкое и вязкое, поэтому его быстро охлаждают холодным воздухом и передают на хранение.

Российским стандартом (ГОСТ 29924-92) предусмотрен выпуск только нормального карамельного солода. По *цвету* он должен быть от светло-желтого до буроватого с глянцевым оттенком. *Запах* - солодовый, не допускается пригорелый, затхлый и плесневелый. *Вкус* - сладковатый, не допускается горький и пригорелый. *Вид зерна на срезе* - спекшаяся коричневая масса, не допускается обуглившаяся масса. Карамельный солод по физико-химическим показателям должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 6.

Карамельный солод содержит редуцирующих веществ 30-50 %. Так как диапазон температур при обжаривании не очень высок и поддерживается не длительное время, то потери при его приготовлении не велики (на 4-5 % выше, чем при приготовлении светлого солода).

Упаковывают карамельный солод в джутовые мешки массой не более 50-ти кг. Дробится солод отдельно от светлого.

Физико-химические показатели карамельного солода

Наименование показателей	I класс	II класс
Влажность, %, не более	6,0	6,0
Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %, не менее	75,0	70,0
Количество карамельных зерен, %, не менее	93,0	25,0
Массовая доля сорной примеси, %, не более	0,5	0,5
Цвет (единицы Линтнера - Лн), не менее	20,0	20,0

Очень светлый карамельный солод используют в количестве 2-5 % при приготовлении светлых сортов пива для придания приятного вкуса и аромата: он незначительно влияет при этом на цвет пива и повышает его коллоидную стойкость, пеностойкость и полноту вкуса. *Светлый карамельный солод* используется как для приготовления светлых сортов пива (в количестве 2-5 %), так и полутемных (в количестве 5-10 %) для усиления карамельного привкуса и солодового аромата. *Темный карамельный солод* используют для полутемных, в том числе с медовым оттенком, и темных сортов пива. Этот тип солода усиливает полноту вкуса и солодовый аромат, улучшает однородность пены и способствует повышению стойкости пива.

2. Жженный солод

За рубежом такой солод называют «цветным». Он обеспечивает наиболее интенсивное окрашивание у специальных темных сортов пива. Придает специфический вкус без признаков горечи.

Для приготовления жженого солода используют сухой, хорошо растворенный ячменный солод. Для уменьшения образования горьких веществ и пригорелого запаха сухой солод предварительно увлажняют до содержания влаги 50-53 % путем опрыскивания и выдержки в гряде в течение 11-12 час. Можно увлажнить солод также путем выдержки в воде в течение 1-2 час при температуре 60-80 °С. Эти условия необходимы для проведения осахаривания крахмала.

Увлажненное зерно загружают в обжарочный барабан на 2/3 емкости, температуру медленно повышают (в течение 2-х час) до 180-200 °С и обжаривают при этой температуре в течение 1,5 час. Быстро повышать температуру нельзя, т.к. при высокой влажности и резком повышении температуры происходит интенсивное парообразование, оболочка зерна разрывается. Лопнувшие зерна смешиваются с остальными, и солод может сгореть. Такой солод немедленно должен быть выгружен из барабана.

Под действием высоких температур в солоде происходят глубокие изменения. Сначала интенсивно образуются меланоидины, карамели, а затем вещества с горьким, подгорелым привкусом. Ферменты полностью инактивируются. Белки частично денатурируют, частично расщепляются до низкомолекулярных

соединений. Жиры так же разрушаются с освобождением жирных кислот. Крахмал деполимеризуется в декстрины, в результате этого вытяжки из жженого солода дают с йодом красное окрашивание. Гемицеллюлозы частично разрушаются с образованием летучего фурфурола. Водорастворимые вещества, которые образуются при обжаривании, обладают коллоидными свойствами, благодаря этому увеличивается стабильность темного пива.

Чтобы исключить образование пригорелого вкуса и горечи у жженого солода в конце обжаривания в барабан добавляют воду в количестве 1,5 % от массы солода. Образовавшийся пар уносит с собой летучие составляющие пригорелого запаха.

Потери при обжаривании жженого солода составляют до 15 %. Правильно обжаренный солод легко высыпается из барабана, а пережженный спекается, так как при температуре 250 °С крахмал разлагается, зерно вспучивается и обугливается с образованием газов.

Выгружается жженный солод на металлические сита для охлаждения. С целью ускорения процесса его перемешивают. Если жженный солод быстро не охладить, то он может воспламениться на ситах и сгореть. На хранение его отправляют только после охлаждения. Упаковывают и хранят в мешках массой не более 50-ти кг.

Готовый жженный солод должен соответствовать требованиям ГОСТ 29294-92 и иметь следующие показатели качества.

Цвет - темно-коричневый, с глянецом, не допускается черный. *Запах* - напоминающий запах кофе, не допускается пригорелый. *Вкус* - кофейный, не допускается пригорелый и горький. *Вид зерна на срезе* - темно-коричневая масса, не допускается черного цвета. Зерна черные, с блеском называются «холостыми». Они не обладают красящей способностью, имеют резкий, вяжущий вкус и пригорелый запах. Солод очень гигроскопичен, его *влажность* должна быть не более 6 %. *Массовая доля экстракта* в сухом веществе солода - не менее 70 %. *Цвет* - не менее 100 Лн.

Перед использованием в производстве жженный солод для смягчения вкуса выдерживают в течение 2-х недель. Дробят отдельно от основного солода на вальцевых станках. Добавляют в небольших количествах (1-3 %) к массе зернопродуктов.

3. Ароматный солод

Такой солод называют еще «запаренный», «томленный» или «ферментированный». Он применяется для приготовления особо ароматичного пива.

Готовится из свежепросошего солода, полученного из ячменя с высоким содержанием белка по технологии темного солода. Проращивание происходит при высокой влажности (46-48 %). Начиная с 6-х суток проращивания солод оставляют в гряде для томления (ферментации) на 30-40 час. Высоту слоя солода повышают до 1,5 м. Ограничивают доступ кислорода. Для этого аппарат для проращивания герметизируют (процесс ведут по способу Кропфа с периодическим малым продуванием), или гряду прикрывают полиэтиленовой пленкой. В

таких условиях происходит процесс самосогревания. Температура в слое зерна в течение суток постепенно повышается до 50 °С и далее не увеличивается, т.к. накапливается CO₂. Дыхание угнетается, прекращается рост зародыша и корешков. Активно протекают ферментативные процессы гидролиза, накапливаются сахара (глюкоза, фруктоза), низкомолекулярные продукты гидролиза белков, простые и сложные эфиры, альдегиды, кетоны, органические кислоты. Эндосперм приобретает кашеобразную или жидкую консистенцию.

После осторожного подсушивания, которое сводится к окончанию процесса «томления», солод сушат при интенсивном воздухообмене. Максимальная температура сушки составляет 80-90 °С, продолжительность отсушки - 3-4 часа.

Готовый солод имеет специфический аромат солода и меда. *Цвет* его 1,9-2,8 ц. ед.

Используют его для замены красящих солодов при производстве темных и специальных сортов пива в количестве до 50 %. Применение этого солода способствует снижению кислого привкуса в пиве и повышает его биологическую стойкость. Производят такой солод только за рубежом.

4. Меланоидиновый солод

Этот солод содержит максимальное количество меланоидинов по сравнению с другими солодами.

Готовят его из светлого свежепроросшего солода. Замачивание, проращивание и томление проводят аналогично ароматному солоду, но продолжительность процесса томления составляет около 16-ти час. При этих условиях (температура в слое солода 50-60 °С) происходит глубокий амилолиз и протеолиз, накапливаются сахара и аминокислоты, которые принимают участие в реакции меланоидинообразования.

Сушка солода проводится по температурному режиму, характерному для темного солода. Максимальная температура отсушки составляет 100 °С, при этих условиях происходит большое накопление меланоидинов.

Меланоидиновый солод имеет чистый солодовый аромат, сладковатый вкус, без постороннего горьковатого и кислого привкуса.

Влажность солода 6 %; *экстрактивность* 75-80 %; *количество мучнистых зерен* - не менее 90 %; *количество поврежденных зерен* - не более 5 %; *цвет* 1,3-3,8 ц. ед.

Добавляется в количестве от 5 до 20 % при получении темных сортов пива.

Пиво, приготовленное с добавлением этого солода, имеет насыщенный вкус и аромат, повышенную пеностойкость. Добавление меланоидинового солода препятствует появлению привкуса «старения» пива при хранении (этот привкус появляется за счет окисления высших спиртов до альдегидов, меланоидины препятствуют этому процессу). Производят такой солод только за рубежом.

5. rH-солод

Этот солод предназначен для повышения редуцирующей способности пива.

Технология его во многом сходна с технологиями ароматного и меланоидинового солодов. Процесс томления начинается с 5-х суток и продолжается в течение 14-18 час при температуре 60 °С для максимального накопления продуктов гидролиза крахмала, белков и гемицеллюлоз. После такой выдержки солод направляют на сушку. Сушат rH-солод по режимам светлого солода. Основное требование при сушке - увеличение продолжительности отсушки на 2-3 час. Максимальная температура сушки 80 °С.

Цвет солода 1,0-1,2 ц. ед. *Экстрактивность* 75-80 %.

Солод содержит максимальное количество мальтозы (до 80 %). Применяется в количестве до 5 % от массы зернопродуктов, это не влияет на цвет пива.

Его использование увеличивает физико-химическую и вкусовую стабильность пастеризованного пива, устраняется характерный «вареный» запах пастеризации. Производят такой солод только за рубежом.

6. Высокоферментативный солод

Высокоферментативный солод - диафарин - солод с высокой амилолитической способностью. Применяется при переработке солода с недостаточной осахаривающей способностью и при использовании повышенных количеств несоложенного сырья (до 30-40 %). Кроме высокой амилолитической способности диафарин имеет также высокую протеолитическую и цитолитическую активность.

Готовят солод из ячменя с небольшим размером зерен, высоким содержанием белка (14-15 %) и прорастаемостью не ниже 97 %.

Замачивание осуществляют по холодному режиму при сильном аэрировании. Температура воды составляет 10-12 °С, продолжительность замачивания 72 часа до влажности 44-47 %.

Проращивание проводят в течение 9-10 суток при температуре не выше 15-16 °С при регулярном ворошении и интенсивном продувании воздухом в течение первых 5-ти суток. При таких условиях достигается максимальное накопление ферментов. В свежепроросшем солоде допускается не более 5 % проростков.

Сушку высокоферментативного солода следует проводить очень осторожно, при усиленной тяге, чтобы максимально сохранить накопившиеся ферменты. Максимально допустимая температура отсушки - 50 °С.

Готовый солод не должен быть поражен плесенью, вкус сушла должен быть чистым, сладковатым, без признаков кисловатого и горького.

Влажность - не более 6 %, чтобы сохранить длительное время накопленную амилолитическую способность. *Амилолитическая способность* - не менее 300 ед./г; *цвет* - 0,2-0,4 ц. ед; *экстрактивность* 78-82 %; *содержание заплесневелых зерен* - не более 1 %; *кислотность* - 0,9-1,2 к. ед.

Солод используется без отлежки в количестве до 30 % к массе зернопродуктов.

7. Протеолитический солод

Протеолитический солод служит для коррекции рН затора, благодаря этому улучшается действие ряда гидролитических ферментов. За рубежом такой солод называют «кислым».

Готовят протеолитический солод 2-мя способами:

1. Свежепроросший солод опрыскивают или замачивают в сусле, в которое внесена чистая культура молочнокислых бактерий, в течение 12-16 час. В процессе выдержки в солоде накапливается молочная кислота в количестве 1,5-2,0 %. Солод высушивают обычным способом по режиму сушки светлого солода, максимальная температура отсушки 70 °С до влажности 5,5 %.

2. Светлый сухой солод замачивают в воде, в термостатируемой емкости при температуре 40-50 °С до тех пор, пока в солоде не накопится 0,7-1,2 % молочной кислоты. Молочная кислота образуется за счет деятельности молочнокислых бактерий, имеющих на солоде, и концентрируется в дальнейшем при подсушивании и сушке солода.

Замочную воду сливают, а солод высушивают в мягком режиме при начальной температуре 50 °С, а затем не выше 65 °С, таким образом, повышают концентрацию молочной кислоты в солоде до 3-4 %.

Замочная вода и солод имеют четко выраженный кислый вкус. Замочная вода может быть использована многократно для подкисления новых партий солода.

Правильно приготовленный протеолитический солод имеет следующие показатели качества: *цвет* 0,2-0,4 ц. ед.; *рН* сусла 3,8-4,2; *содержание молочной кислоты* 3-4 %.

При добавлении этого солода: рН затора понижается до 5,4-5,5, это создает благоприятные условия для действия гидролитических ферментов, в результате - повышается выход; усиливаются буферные свойства затора за счет повышения концентрации фосфатов в сусле; снижается цвет, улучшаются органолептические свойства пива; в сусле накапливается больше аминного азота, растворимых белков, редуцирующих веществ, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности дрожжей; повышается коллоидная стойкость и пенообразование в готовом пиве.

В России такой солод не производится, поэтому для подкисления заторов используют пищевую молочную кислоту.

При использовании протеолитического солода легче регулировать рН затора, чем при добавлении пищевой кислоты. При этом за счет усиления буферного эффекта не происходит снижения рН готового пива. При брожении и дображивании активно происходят реакции восстановления диацетила, улучшается горечь и стабильность вкуса. Особенно рекомендуется добавлять протеолитический солод при работе с водой, имеющей повышенную карбонатную жесткость. Количество добавляемого солода составляет 5-10 % от массы зернопродуктов.

8. Солода короткого ращения

Солода короткого ращения готовят для улучшения протекания процесса затирания по сравнению с использованием несоложенного сырья и снижения потерь при проращивании за счет раннего прекращения процесса.

К этой группе в первую очередь относят *«наклонувшийся» солод*. Фактически это замоченный ячмень, равномерно «наклонувшийся» после 48-72 час замачивания. Потери сухих веществ при производстве такого солода составляют 1-2 %.

Используют его в количестве от 10 до 20 % к массе зернопродуктов как в свежем, так и в подсушенном виде при переработке переработанного солода. При этом повышается стойкость пены, но в сусле увеличивается количество высокомолекулярных белков и гумми-веществ, что может затруднить процесс фильтрования и снизить стойкость пива.

Лучшие результаты дает *солод короткого ращения*. После замачивания в течение 48-72 час зерно проращивают 2-4 суток в нормальном или теплом режиме. Потери сухих веществ составляют 3-4 %. При использовании такого солода, в отличие от «наклонувшегося», нет трудностей в его переработке с другими солодами, и обеспечивается достаточный экономический эффект.

Для регулирования процесса пенообразования используют *слаборастворимые короткие солода*, которые имеют невысокую степень гидролиза белковых веществ. Зерно замачивают до влажности 38 %, а затем проращивают в холодном режиме в течение 5-ти суток. Потери при производстве такого солода небольшие и составляют 5,5-6,5 %.

Для сохранения качественных показателей солодов короткого ращения и облегчения условий их дальнейшего использования при затирании во многих странах такие солода перерабатывают в шротовые хлопья. Для этого их пропускают через нагретые вальцы плющильных машин или дробилок. При использовании хлопьев повышается выход экстракта по сравнению с исходными солодами и улучшается качество сусла. Главное преимущество таких хлопьев - они хорошо хранятся. Но применение большого количества таких хлопьев может вызвать затруднение в образовании нормального фильтрующего слоя при фильтровании в фильтрационных аппаратах.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом классифицируются специальные солода?
2. Какие типы карамельного солода выпускаются в России и за рубежом?
3. Какова особенность технологии получения карамельного солода?
4. Каковы основные показатели качества карамельного солода?
5. Для получения каких сортов пива используется карамельный солод?
6. С какой целью при производстве карамельного и жженого солода проводят увлажнение?
7. Какие процессы происходят при обжаривании жженого солода?
8. Какие требования предъявляются к жженому солоду?
9. С какой целью получают ароматный солод?

10. Какова технология получения ароматного солода?
11. В чем особенность получения и применения меланоидинового солода?
12. С какой целью получают rH-солод?
13. Какие преимущества дает использование протеолитического солода?
14. Какие существуют способы получения протеолитического солода?
15. Для чего используют солода короткого ращения?
16. Какова особенность технологии получения солодов короткого ращения?

Глава 4. ПРОИЗВОДСТВО СОЛОДОВЫХ ЭКСТРАКТОВ

1. Особенности получения солода для экстрактов
2. Технология полисолодовых экстрактов
3. Технология зерновых сиропов
4. Качество экстрактов
5. Применение солодовых экстрактов и зерновых сиропов

1. Особенности получения солода для экстрактов

Производство солодовых экстрактов получило широкое распространение, как в России, так и за рубежом. Это объясняется их высокой пищевой и лечебной ценностью.

Основное сырье для получения экстрактов - солод, полученный из различных зерновых культур (ячмень, пшеница, овес, кукуруза). Главное требование к этим зерновым культурам - прорастаемость не ниже 92 %, чтобы получить солод с высокой ферментативной активностью для полноценного состава готового экстракта.

Очистка и сортировка зерна проводится обычным способом.

Мойка - в отдельном моечном аппарате 5-6 час с использованием в качестве дезинфицирующих веществ перманганата калия.

Замачивание - воздушно-оросительное или воздушно-водяное. Орошение через 4-6 час. Температура замачивания для пшеницы, ячменя, овса - 14-16 °С, для кукурузы - 18-22 °С. Продолжительность замачивания: для пшеницы 24-30 час до влажности 45-46 %; для овса 30-40 час до влажности 42-43 %; для ячменя 48-60 час до влажности 44-46 %; для кукурузы 60-70 час до влажности 46-48 %.

Проращивание осуществляют любым способом, для кукурузы - лучше в барабанах, так как корешки и зародышевый листок очень хрупкие, легко обламываются, это затрудняет процесс солодоращения и ухудшает в дальнейшем сушку. Температура проращивания для всех зерновых культур, кроме кукурузы, - 16-18 °С, для кукурузы - 22-25 °С, в конце проращивания температура понижается до 18-20 °С. Ворошение и дополнительное орошение водой проводят через каждые 6-8 час. При проращивании зерно продувается кондиционированным воздухом температурой 12 °С и относительной влажностью 100 %. В слу-

чае подсыхания зерна, а также для дезинфекции в процессе проращивания рекомендуется проводить дополнительное орошение раствором перманганата калия в период ворошений. При проращивании пшеницы синтезируется витамин С и в 3-4 раза повышается количество витамина Е. Овес отличается от других злаков повышенным содержанием аминокислот и минеральных веществ.

Продолжительность проращивания: пшеницы - 4-5 суток; овса - 6-7 суток; ячменя - 7 суток; кукурузы - 7-8 суток.

Сушка проводится на специализированных солодосушилках различного типа по технологии светлого солода. Перед сушкой свежепросошенный солод подвяливают в течение 10-12 час путем многократного продувания воздухом через каждые 2-3 часа по 20-30 мин. Начальная температура сушки 40 °С, конечная - 75 °С. Более высокая температура отсушки вызывает коагуляцию высокомолекулярных белков, что приводит к получению экстракта с пониженным содержанием белковых веществ. Продолжительность сушки 20-24 час до влажности 5-7 %.

Полученные солода должны удовлетворять следующим требованиям.

Пшеничный: продолжительность осахаривания 3-5 мин; экстрактивность 81-87 %; количество редуцирующих веществ 58-61 %.

Овсяный: продолжительность осахаривания 20-40 мин; экстрактивность 55-58 % (из-за высокой пленчатости); количество редуцирующих веществ 41-45 %.

Ячменный: согласно требованиям ГОСТ 29294-92 для светлого солода (не ниже 2-го класса).

Кукурузный: в заторе не осахаривается, т.к. имеет низкую активность β -амилазы; α -амилаза обеспечивает только декстринизацию крахмала; экстрактивность 71-75 %; количество редуцирующих веществ 55-61 %. Так как кукурузный солод имеет самую низкую амилазную активность, то его перерабатывают на экстракты только в смеси с пшеничным, ячменным или овсяным солодами, обладающими более высокой осахаривающей способностью.

Кислотность солодов не должна превышать 1,1 к. ед.

2. Технология полисолодовых экстрактов

Отечественная промышленность вырабатывает ячменно-солодовый экстракт (из ячменного солода или с добавлением до 30 % несоложенного ячменя) и полисолодовые экстракты (Полисол) из смеси пшеничного, овсяного, кукурузного или ячменного солодов.

Технологическая схема получения экстрактов состоит из следующих стадий: дробления солода; затирания; фильтрования затора; пастеризации; упаривания и розлива.

Дробление осуществляется на солододробилках. Примерный состав помола приведен в таблице 7.

Состав помола различных солодов

Наименование фракций помола	Наименование солодов			
	Пшеничный	Овсяный	Кукурузный	Ячменный
Крупка крупная, %	3,7	20-30	2-7	20-25
Крупка средняя, %	25-30	10-20	25-30	30-40
Крупка мелкая, %	30-35	15-20	20-25	15-20
Мука, %	30-40	20-25	40-50	15-25

Затирание: измельченный солод смешивается с водой при гидромодуле 1:4-1:5. Затирание проводится по режиму:

Ячменно-солодовый экстракт:

$\frac{52^{\circ}\text{C}}{20-30 \text{ мин}}$; $\frac{63^{\circ}\text{C}}{45-60 \text{ мин}}$; $\frac{72^{\circ}\text{C}}{30 \text{ мин (до осахаривания)}}$; 76°C – на фильтрование

Полисолодовый экстракт: измельченные солода смешивают в соотношении 1:1:1. Большую пищевую ценность полисолодовым экстрактам придает наличие в них аминокислот. Максимальное количество аминного азота накапливается при температуре затирания: для пшеничного солода $40-45^{\circ}\text{C}$; кукурузного - 45°C ; овсяного и ячменного - $50-55^{\circ}\text{C}$. Исходя из этого, затирание проводят по режиму: $\frac{42-45^{\circ}\text{C}}{35-40 \text{ мин}}$. При этих условиях протекает гидролиз некрахмальных полисахаридов и белков (особенно пшеничного и кукурузного солодов) с образованием аминокислот и низкомолекулярных белковых веществ. Затем выдерживают $\frac{52-55^{\circ}\text{C}}{30-40 \text{ мин}}$, при этих условиях происходит гидролиз полисахаридов и белков (особенно овсяного и ячменного солода) с накоплением аминокислот. Основной биохимический процесс, происходящий при затирании, - ферментативный гидролиз крахмала, в результате которого в сусле накапливается необходимое количество сбраживаемых сахаров. Максимальное накопление сахаров происходит в диапазоне: для пшеничного и ячменного солода $60-70^{\circ}\text{C}$; для кукурузного - 65°C ; для овсяного - 60°C . Учитывая этот факт, осахаривание проводят ступенчато: $\frac{63^{\circ}\text{C}}{60 \text{ мин}}$; $\frac{70-72^{\circ}\text{C}}{\text{до осахаривания}}$; $76-78^{\circ}\text{C}$ - на фильтрование. Скорость подогрева затора составляет $1^{\circ}/\text{мин}$.

Фильтрование затора проводится в фильтрационном аппарате. Концентрация первого сусла $14-16\%$. Для более полного извлечения экстрактивных веществ дробина промывается горячей водой температурой не выше 75°C . Первая промывная вода, содержащая $6-10\%$ сухих веществ, смешивается с первым суслом, а вторая - с содержанием $2-3\%$ сухих веществ собирается в сборнике и используется для приготовления нового затора.

Пастеризация проводится для повышения биологической стойкости при температуре 78-80 °С в течение 45-60 мин. Пастеризуют сусло и первые промывные воды в сусловарочном аппарате. Затем сусло отделяется от взвесей в гидроциклонном аппарате.

Упаривание проводят в одно- или двухкорпусной вакуум-выпарной установке при температуре 60-75 °С и остаточном давлении 0,06-0,08 МПа до концентрации 73-76 % в течение 45-60 мин.

Розлив для повышения биологической стойкости проводят в горячем состоянии при температуре 75-78 °С на автоматической линии розлива с использованием наполнителей для вязких жидкостей. Разливают экстракты в стеклянные бутылки, банки, кеги или молочные фляги. Для реализации лечебным учреждениям и торговой сети розлив производится в тару вместимости 250, 500 и 1000 см³, для промышленной переработки - в бутылки емкостью 10 дм³, кеги массой до 50-ти кг или фляги массой до 300 кг.

3. Технология зерновых сиропов

Зерновые сиропы готовят из несоложенного сырья. Для их производства используют ячмень, кукурузу, сорго, рожь, просо, овес. Основные стадии производства зерновых сиропов такие же, как и солодовых экстрактов. Отличие заключается в том, что так как используемое сырье содержит недостаточное количество ферментов, то при приготовлении сусла используются микробные ферментные препараты для улучшения процесса осахаривания. С целью накопления ароматических и красящих веществ после концентрирования проводят термическую обработку сиропа при температуре 100-120 °С, в результате которой накапливаются меланоидины. Сиропы приобретают приятный вкус, аромат и цвет. Но одновременно накапливается при такой обработке фурфурол, который отрицательно влияет на организм человека. Эти реакции приводят к тому, что снижается содержание редуцирующих веществ, аминокислот и биологическая ценность сиропов.

Для устранения этих недостатков в качестве источника вкусовых и красящих веществ используют карамельный солод, при этом исключается термообработка.

Технология получения зерновых сиропов заключается в следующем. Зерновую муку смешивают с водой при гидромодуле 1:4 при температуре 45-50 °С (если используется карамельный солод, то вносится он в дробленном виде). Добавляется ферментный препарат Амилосубтилин Г10 х при рН 5,5-5,7, затор нагревается до температуры 100 °С и выдерживается 15-20 мин для клейстеризации крахмала. Затем температуру снижают до 52-55 °С и добавляют ферментные препараты для проведения цитолиза, протеолиза и амилолиза (например, МЭК и Пектофоеитидин П10х). При этих условиях затор выдерживают 20-30 мин для гидролиза белков и некрахмальных полисахаридов. Затем проводят ступенчатое осахаривание: $\frac{63\text{ }^{\circ}\text{C}}{30 - 40\text{ мин}}$; $\frac{70 - 72\text{ }^{\circ}\text{C}}{40\text{ мин до осахаривания}}$. Фильтруют затор

при температуре 75-77 °С. Полученное сусло упаривают под вакуумом при температуре 60 °С до массовой доли сухих веществ 72 %.

4. Качество экстрактов

Солодовые экстракты по органолептическим и физико-химическим показателям должны удовлетворять следующим требованиям. *Внешний вид* - густая, средней вязкости жидкость без посторонних включений. *Вкус и запах* - солодовый, сладкий, без посторонних привкусов и запахов. *Цвет* - от коричневого до темно-коричневого. *Массовая доля сухих веществ* - 73-76 %. *Массовая доля мальтозы* - не менее 50 %. *Кислотность*, к. ед. - не более 20. *Цвет*, ц. ед - от 0,4 до 715. *Общее количество микроорганизмов* в 1 г экстракта - не более 1000. *Наличие бактерий группы кишечной палочки, дрожжей, плесени, патогенных микроорганизмов* в 1 г экстракта - не допускается.

Хранят экстракты и сиропы в сухих складских помещениях при температуре от 2 до 25 °С и относительной влажности не более 78 %. Если экстракты расфасованы в металлическую тару, то температура хранения от минус 25 до плюс 25 °С. Срок хранения экстрактов и сиропов - 12 месяцев.

5. Применение солодовых экстрактов и зерновых сиропов

Солодовые экстракты и зерновые сиропы применяются в различных отраслях промышленности.

Для производства пива выпускают следующие типы экстрактов: неохмеленный и охмеленный, являющиеся источником ферментов и ароматизирующих веществ.

При производстве пива экстракты и сиропы служат как альтернативное сырье при укороченном цикле. Экстракты разводят водой; если экстракты не охмеленные, то кипятят с хмелем, охлаждают и сбраживают. При этом отсутствуют стадии дробления, затирания, фильтрования. Если экстракты охмеленные, то после разведения водой их сбраживают. Экстракты можно добавлять и в готовое пивное сусло для регулирования его состава, усиления ферментативной активности, особенно при использовании солода невысокого качества, а также в готовое пиво для доведения до необходимой цветности. За рубежом экстракты используют при производстве бочкового эля.

В безалкогольной промышленности экстракты входят в состав напитков («Витасол» и «Колосок») для обогащения легкоусвояемыми углеводами, аминокислотами, витаминами ферментами и другими биологически активными компонентами.

В молочной промышленности экстракты используют при приготовлении детских смесей «Детолакт», «Солнышко», молочных напитков для обогащения их биологически активными веществами.

В хлебопекарной промышленности - при приготовлении теста для снижения расхода муки, увеличения объема и улучшения внешнего вида.

В кондитерской промышленности - при изготовлении шоколада и конфет.

В пищевой промышленности - для приготовления диетических и лечебных продуктов. На основе солодовых экстрактов разработаны лечебно-диетические продукты - холесол (на стадии упаривания к нему добавляется экстракт бессмертника), антигипоксин (на стадии упаривания добавляется сироп шиповника, экстракт элеутерококка, витамины). На основе экстрактов готовят лечебные препараты: экстракты с йодом, гемоглобином, солями железа, кальция, рыбьим жиром, фосфатами глицерина, витаминами и др.

Контрольные вопросы:

1. Какова особенность получения солода для экстрактов?
2. Какие требования предъявляются к солодам, используемым для получения экстрактов?
3. Каковы основные стадии получения экстрактов?
4. В чем особенность затирания при получении полисолодовых экстрактов?
5. Что такое зерновые сиропы, как их получают?
6. Какие требования предъявляются к солодовым экстрактам?
7. Каковы условия их хранения?
8. В каких отраслях пищевой промышленности используются экстракты и сиропы?

Глава 5. ПРОИЗВОДСТВО РЖАНОГО СОЛОДА

1. Характеристика ржи
2. Технология ржаного солода
3. Качество ржаного солода

1. Характеристика ржи

Рожь является основным сырьем для производства кваса.

Рожь относится к семейству злаковых. В зависимости от времени посева различают *яровую и озимую*. В России, в основном, выращивают озимую рожь. Зерна имеют различную форму: *овальную* (отношение длины к толщине 3:1 или меньше) и *удлиненную* (отношение длины к толщине больше, чем 3:1).

Рожь - это голозерная культура. Снаружи зерно покрыто бесцветной четырехслойной *плодовой оболочкой*. К ней прилегает двухслойная *семенная оболочка*. Она содержит красящие вещества, которые придают зерну характерную окраску. Плодовая оболочка легко отделяется от семенной. На долю оболочек приходится до 15 % сухих веществ.

Под оболочками находится *алейроновый слой*. Состоит из толстых прямоугольных клеток, расположенных в 2 ряда. Клетки содержат белки, жиры, витамины. На долю алейронового слоя приходится 10-12 % сухих веществ.

Основная масса зерна - *эндосперм* (до 80 % сухих веществ). Большая часть приходится на крахмал, кроме этого, содержится немного белковых веществ. Эндосперм бывает *мучнистым, полустекловидным или стекловидным*. Наибольшую стекловидность имеют крупные зеленые зерна.

Зародыш - живая часть зерна, в нем различают: *зародышевый узел, главный корень, почку и щиток*. На долю зародыша приходится 3-4 % сухих веществ. Основная роль щитка - передача питательных веществ из эндосперма. В клетках зародыша содержатся сахара, белки, жиры, витамины. Белки зародыша используются для построения тканей при проращивании. Зародыш вместе со щитком являются главными источниками ферментов.

Зерна ржи по цвету бывают *зеленые, желтые, коричневые*, реже - *фиолетовые*. Зеленые самые крупные, в них больше доля эндосперма (а следовательно, крахмала) и у них самая тонкая оболочка. Эти зерна являются наиболее ценными для получения солода, т.к. солод из них имеет высокую экстрактивность.

Химический состав ржи зависит от сорта, почвенно-климатических условий, условий выращивания и других факторов.

Средний химический состав ржи следующий: влажность 15 %; крахмал 55-63 %; целлюлоза 1,6-2,7 %; гумми-вещества 2,5-5,5 %; левулезаны 2-3 %; сахара 4,0-6,5 %; белок 7-18 %; жир 1,5-2,0 %; минеральные вещества 1,5-2,5 %.

Крахмал - основной углевод. Размер крахмальных зерен ржи 2-170 мкм. Состоят из 15-20 % *амилозы* и 80-85 % *амилопектина*.

Некрахмальные полисахариды представлены целлюлозой, гемицеллюлозой, гумми-веществами, левулезанами.

Целлюлоза входит в состав клеточных оболочек в виде кристаллических структур. При солодоращении не гидролизуются.

Гемицеллюлоза - основная часть клеточных стенок - участвует в формировании их скелета и является аккумулятором запасных веществ, которые используются в процессе обмена. В клеточных стенках гемицеллюлоза может быть расположена между структурными образованиями целлюлозы, а может образовывать собственные микрофибриллы. При солодоращении легко гидролизуются только те, которые не связаны с целлюлозой.

Большая часть некрахмальных полисахаридов приходится на *слизи*. Это водорастворимые высокомолекулярные коллоиды, они очень гидрофильны (при гидратации увеличивают свой объем в 8 раз). Слизи делятся на *гумми-вещества и левулезаны*. Гумми-вещества представлены, в основном, пентозанами (до 90 %), а левулезаны полифруктозидами, состоящими из остатков фруктозы (левулезы).

Содержание слизей в зерне неравномерно: наиболее богаты ими периферийные части зерна, в центре их количество в 2 раза меньше.

Сахара представлены глюкозой, фруктозой, сахарозой, мальтозой.

Белковые вещества имеют большое значение для производства ржаного солода. Содержание белка зависит от района произрастания, сорта, климата, технологии возделывания. Наименьшее содержание белка у ржи, выращенной на северо-западе России, наибольшее - у ржи из Восточной Сибири, Поволжья.

Белок ржи состоит из альбуминов, глобулинов, глиадинов (проламинов) и глютелинов. Содержание растворимых белков составляет 25-35 % от общего содержания белка. Характерной особенностью белков ржи является их способность к быстрому и интенсивному набуханию, при этом образуется вязкий коллоидный раствор. В состав белков ржи входит 10 незаменимых аминокислот. От содержания белка зависит стекловидность ржи. Чем выше содержание белка, тем больше стекловидность.

Большое значение белковых веществ для производства ржаного солода объясняется тем, что при их ферментативном гидролизе образуются среднемолекулярные и низкомолекулярные азотистые соединения (полипептиды, пептиды, аминокислоты), которые являются исходными продуктами реакции меланоидинообразования. Поэтому для приготовления ржаного солода, используемого в качестве источника красящих веществ, применяется только *высокобелковистая* рожь. А при приготовлении ржаного солода, используемого в качестве источника ферментов, - *низкобелковистая* рожь.

Жиры содержатся в алейроновом слое и зародыше, состоят из *глицеридов* и *ненасыщенных жирных кислот*: линолевой, олеиновой, линоленовой, пальмитиновой, миристиновой, стеариновой кислот. Из жироподобных веществ содержатся фитостерин и лецитин.

Минеральные вещества, в основном, связаны с органическими веществами, представлены тремя основными группами: фосфатами, силикатами и солями калия.

Витамины (тиамин, рибофлавин, никотиновая и пантотеновая кислоты) содержатся, в основном, в зародыше.

Ферменты (карбогидролазы, липаза, пептидазы, каталаза, пероксидаза) играют важную роль при проращивании.

Качество ржи определяется ГОСТ 16991-71 «Рожь для переработки на солод».

Основными технологическими показателями ржи, используемой для производства солода, являются энергия и способность прорастания. Для хорошей ржи *энергия прорастания*, которая характеризует равномерность и одновременность процесса, практически должна совпадать со способностью прорастания. Этот показатель должен быть равен 92 %.

Влажность должна составлять не более 15,5 %.

Абсолютная масса (масса 1000 зерен) зависит от сорта, района произрастания и составляет от 12 до 55 г (чаще 12-25 г). Абсолютную массу более 28 г считают высокой, а менее 16 г - низкой.

Натура (масса 1 дм³ зерна, выраженная в г) - не менее 685 (для 4-го класса); не менее 700 (для 3-го класса); не менее 715 (для 2-го класса) и 730 (для 1-го класса) г. Для производства солода используют рожь 1-го и 2-го класса.

Содержание сорной примеси - не более 2 %; зерновой - не более 5 %; вредной - не более 0,2 %.

Не допускается зараженность ржи амбарными вредителями, кроме зараженности клещом не выше 1-й степени (20 шт. в 1 кг).

Экстрактивность ржи - 70-75 %.

Основные сорта ржи, культивируемые в России: Вятка, Белта, Харьковская 60, Харьковская 78 и др.

2. Технология ржаного солода

Ржаной солод получают двух видов: *ферментированный* и *неферментированный (диастатический)*.

Основными стадиями процесса производства ржаного солода являются: очистка, сортирование, мойка и дезинфекция, замачивание, проращивание, ферментация (томление) и сушка. Основным отличием в технологии диастатического солода является отсутствие стадии томления для сохранения активности ферментов.

Очистка и сортирование проводятся на том же технологическом оборудовании, которое используется при получении ячменного солода. При сортировании рожь делится на 3 класса.

Мойка и дезинфекция проводятся при температуре 15-17 °С до тех пор, пока вода не будет прозрачной. В процессе мойки зерно интенсивно перемешивается воздухом. Для дезинфекции используется перманганат калия.

Замачивание - воздушно-водяное или воздушно-оросительное, температура 15-17 °С, продолжительность 30-36 час до влажности 46-50 %. Химические изменения при замачивании незначительны. Увеличивается в 1,5 раза активность α -амилазы, в 3 раза увеличивается количество гумми-веществ за счет гидролиза гемицеллюлоз. Потери сухих веществ при замачивании составляют 1,6 % за счет выщелачивания и дыхания.

Проращивание проводится в ящиках или барабанах. В зависимости от температуры проращивание бывает *холодное* (температура 14-17 °С) и *теплое* (температура 17-20 °С).

В процессе проращивания в течение первых 3-4 суток происходит активация и синтез ферментов. Механизм активации и синтеза ржаного солода аналогичен механизму ячменного солода и был рассмотрен ранее. Активность α -амилазы увеличивается в 2-4 раза; β -амилазы - на 35-40 %, активность протеаз увеличивается в 2-4 раза. Наиболее благоприятными условиями для накопления ферментов являются влажность 50 % и температура 17 °С.

Под действием ферментов начинаются изменения химического состава зерна. Увеличивается содержание растворимого и аминного азота в 1,7-2 раза; количество редуцирующих сахаров в 2-2,5 раза. За счет гидролиза гемицеллюлоз уменьшается их молекулярная масса в 2 раза, а вязкость в 1,5-2,0 раза. Уменьшается количество жира за счет гидролиза липазами до глицерина и жирных кислот. Кислотность увеличивается в 2 раза, в основном, за счет образования жирных кислот, растворения кислых фосфатов и образования органических кислот вследствие расщепления белков.

При проращивании теряется до 9 % сухих веществ, причем потери увеличиваются при повышении температуры, длительности проращивания и влажности проращиваемого зерна.

Продолжительность проращивания составляет 3-4 суток.

В ящичной солодовне проращивание протекает по следующему режиму: первые сутки при температуре 14-15 °С; вторые - 15-16 °С; третьи - 16-17 °С; четвертые - 17-18 °С. Ворошение проводят 2 раза в сутки. Слой проращиваемого зерна 0,5 м. Параметры кондиционированного воздуха: температура 12 °С и относительная влажность 96-98 %.

В барабанной солодовне проращивание протекает по следующему режиму. Рожь после замачивания загружают в барабан и при вращении барабана продувают сухим воздухом. Затем барабан останавливают на 4-6 час, затем вращают и периодически продувают кондиционированным воздухом: первые сутки - по 1-му часу каждые 5 час; вторые сутки - по 1-му часу каждые 3 часа; третьи - по 2 часа через каждые 3 часа; четвертые - 1,5 часа через каждые 3 часа. Температура проращивания такая же, как и в ящичной солодовне.

Проращивание заканчивают, когда длина проростков составляет 1/2-3/4 длины зерна, а длина корешков - 1,5-2 длины зерна.

Ферментация (томление) проводится только при производстве ферментированного солода. При томлении температура в слое солода постепенно увеличивается с 40-45 °С (в начале томления) до 65-68 °С (в конце томления). При этих параметрах создаются благоприятные условия для активного действия амилолитических и протеолитических ферментов, накопленных в процессе проращивания ржи. Томление характеризуется интенсивным ферментативным гидролизом углеводов и белков ржаного солода.

Количество сахаров увеличивается при томлении в 4-5 раз; количество аминного азота в 2-4 раза по сравнению со свежепрососшим солодом. Изменяется качественный состав сахаров: возрастает количество глюкозы и фруктозы и уменьшается количество мальтозы. За счет образования аминокислот и молочной кислоты, вследствие развития молочнокислых бактерий, повышается кислотность солода.

Ферментативный гидролиз углеводов и белков интенсивно протекает лишь в первые двое-трое суток томления, затем замедляется, в конце томления (на пятые-шестые сутки) происходит синтез красящих веществ (меланоидинов), которые придают солоду красно-бурый цвет, хлебный вкус и аромат. Одновременно с образованием красящих веществ в конце ферментации существенно снижается ферментативная активность, α -амилаза практически инактивируется, активность β -амилазы составляет всего 3 % от активности свежепрососшего солода.

Продолжительность ферментации 4-5 суток. Потери при ферментации составляют 13,5 %. Перед ферментацией солод увлажняют теплой водой (температура 40-45 °С) до влажности 52-55 %, так как процессы гидролиза наиболее интенсивно протекают во влажной среде.

Ферментацию проводят в ящиках и барабанах. Лучше проводить в барабанах, так как в них можно достичь хорошего перемешивания и поддержания необходимой температуры и влажности.

Ферментация в барабанах. Барабан должен иметь теплоизоляцию и калорифер для поддержания температуры ферментации на уровне 55-68 °С. Солод оставляют в покое на сутки, в этот период температура в нем повышается до

50-55 °С. Затем перемешивают, периодически вращая барабан. Затем в течение 4-х суток проводят ферментацию, повышая температуру с 50-55 °С на вторые сутки до 65-68 °С на пятые сутки.

Ферментация в ящиках. Свежепроросший солод распределяют в ящике слоем 70 см и оставляют в покое на 1 сутки для повышения температуры в слое до 50-55 °С. Затем солод ворошат и продувают кондиционированным воздухом, поддерживая влажность на уровне 50 %, а температуру - 50-55 °С.

Сушка ржаного солода. После ферментирования ржаной солод направляют на сушку. Неферментированный солод направляют на сушку, минуя стадию томления.

Основная цель сушки ферментированного солода - накопление ароматических и красящих веществ, а также снижение влажности для перевода солода в устойчивое при хранении состояние.

Основная цель сушки неферментированного (диастатического) солода - снижение влажности для перевода солода в устойчивое при хранении состояние при максимальном сохранении активности ферментов.

Для сушки используют двух- или трехъярусные сушилки.

Ферментированный солод сушат 24 часа. Сушка подразделяется на два этапа. Первый этап - температура не выше 50 °С, влажность снижается до 30 %. Второй - температура повышается до 70-80 °С, влажность снижается до 8 %. В этот период происходит интенсивное образование ароматических и красящих веществ.

Неферментированный солод сушат 18 час при максимальной температуре не выше 65 °С.

Высушенный солод направляют в росткоотбойную машину, а затем упаковывают в тканевые мешки массой до 50 кг и направляют на хранение.

Производство ржаного солода статическим способом (в одном аппарате). При этом способе общая продолжительность производства ржаного ферментированного солода сокращается на 2-3 суток, снижаются потери.

Рожь моют при температуре 16-20 °С зимой и 13-16 °С летом в течение 1-2 час. Для дезинфекции используют хлористый кальций (300 г/т) или марганцовокислый калий (50 г/т).

Замачивание осуществляют в ящике воздушно-оросительным способом в течение 24-30 час при температуре воды 16-20 °С до влажности 50 %. Каждые 2 часа зерно продувается воздухом.

Проращивание проводят в том же ящике в течение 3-х суток при температуре в толще зерна 14-18 °С и интенсивном продувании кондиционированным воздухом. Ворошение через каждые 6-7 час. Особенно продувка необходима в начале процесса для удаления СО₂ и интенсивного образования ферментов. Свежепроросший солод ворошат с орошением до влажности 55 % водой с температурой 40-50 °С.

Ферментация длится 3-4 суток. В первые сутки температура 45-50 °С, во вторые - 53-55 °С, в третьи - 60-63 °С, в четвертые - 65-68 °С. Температуру повышают путем подачи пара в подситовое пространство. В период ферментации создают анаэробные условия.

Сушка осуществляется в том же ящике после предварительного ворошения. В подситовое пространство подают нагретый воздух, скорость движения воздуха через слой солода неравномерна, поэтому в начале сушки зерно слеживается. В этот период солод ворошат через каждые 6 час, в конце сушки - через 2-4 часа. Температура на протяжении всего процесса сушки поддерживается на уровне 80 °С. Продолжительность сушки 36-48 час. Солод после сушки охлаждают путем продувания через слой холодного воздуха, а затем выгружают.

Общая продолжительность процесса приготовления ржаного ферментированного солода составляет 9-10 суток.

Получение ржаного неферментированного солода статическим способом используется реже. Замачивание - 32-36 час до влажности 45 % при температуре 13-16 °С. Проращивание - 3-5 суток. Сушка - 24 часа с периодическим ворошением при максимальной температуре 65 °С.

3. Качество ржаного солода

Сухой ржаной солод должен отвечать требованиям ГОСТ Р 52061-2003 «Солод ржаной сухой». Ржаной солод вырабатывают 2-х классов (1-й и 2-й) и двух видов (в зернах и размолотый).

По органолептическим показателям ржаной солод должен отвечать требованиям, приведенным в таблице 8.

Таблица 8

Органолептические показатели ржаного солода

Наименование показателей	Неферментированный солод	Ферментированный солод
Внешний вид	Однородная зерновая масса, не содержащая заплесневелых зерен, или масса размолотого солода, не содержащая плесени	
Цвет	Светло-желтый с сероватым оттенком	От коричневого до темно-бурого с красноватым оттенком
Запах	Свойственный данному типу солода. Не допускается запах гнили или плесени	
Вкус	Сладковатый	Кисло-сладкий, напоминающий вкус ржаного хлеба. Не допускаются - пригорелый, горький.

По физико-химическим показателям ржаной сухой солод должен отвечать требованиям, приведенным в таблице 9.

Физико-химические показатели качества ржаного солода

Наименование показателей	Неферментированный солод		Ферментированный солод	
	1 класс	2 класс	1 класс	2 класс
Массовая доля влаги, %, не более: - в зерне - в размолом виде	8,0 10,0			
Качество помола для размолого солода	Проход без остатка через сито с размером ячеек 900 мкм			
Массовая доля экстракта в сухом солоде, %, не менее: - при горячем экстрагировании - при горячем экстрагировании с вытяжкой из ячменного солода	80,0 -	78,0 -	- 84,0	- 80,0
Продолжительность осахаривания, мин, не более	25	30	-	-
Кислотность солода, к.ед., не более: - при холодном экстрагировании - при горячем экстрагировании,	- 15,0	- 17,0	35-50 -	25-34,9 -
Цвет солода, ц. ед., не более: - при холодном экстрагировании - при горячем экстрагировании	- 3,0	- 5,0	10-20	7,0-9,9
Примеси: - металломагнитные размером отдельных частиц не более 0,3 мм, мг/кг, не более - минеральные	3,0 Не допускаются			
Зараженность вредителями	Не допускается			

Контрольные вопросы:

1. В чем особенность морфологического строения зерна ржи?
2. Охарактеризуйте химический состав ржи.
3. Что такое слизи, чем они представлены?
4. Какова роль белковых веществ в технологии ржаного солода?
5. Какие требования предъявляются ко ржи, используемой для производства солода?
6. В чем отличие в технологии ферментированного и диастатического солода?
7. Какие процессы протекают при проращивании ржаного солода?
8. Каковы технологические режимы проращивания при использовании разных солодорастильных аппаратов?
9. Какие основные процессы происходят при ферментации?
10. Как проводят ферментацию ржаного солода?
11. В чем основные отличия в сушке ферментированного и диастатического солода?
12. Как получают ржаной солод статическим способом?
13. Какие требования предъявляются к сухому ржаному солоду?

Глава 6. ОТХОДЫ СОЛОДОВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. Зерновые отходы и сплав
2. Замочная вода
3. Солодовые ростки

Отходами солодовенного производства являются: зерновая примесь, зерновые отходы, замочная вода, сплав, солодовые ростки. Количество зерновых отходов составляет (кг/т сухого солода) от 40 до 100; сплав - от 2,5 до 15; солодовые ростки - от 30 до 50. Они могут быть использованы в качестве сырья или добавок в различных производствах, а также в виде дополнительной продукции после более глубокой переработки. Полностью использовать все отходы, образующиеся при производстве солода, практически невозможно, но необходимо как можно полнее их утилизировать.

1. Зерновые отходы и сплав

К зерновым отходам относят: битые, изъеденные вредителями зерна, зерна с нарушенной оболочкой, недоразвитые зерна, поврежденные самосогреванием, сушкой, заплесневевшие, зерна пшеницы, ржи, овса целые и поврежденные, не отнесенные по характеру повреждений к сорной примеси, а также мелкое зерно ячменя, которое проходит через сито размером 2,2x20 мм.

В производственных условиях эти отходы образуются на стадии очистки и сортирования зерна.

По химическому составу они приближены к химическому составу ячменя.

Количество образующихся отходов зависит от сорта ячменя, условий выращивания, эффективности работы сортировочного оборудования. Для снижения количества отходов можно вместо сита 2,2 мм установить сито 2,1 или 2,0 мм. Зерновые отходы, отделенные на воздушно-ситовых сепараторах при первичной и вторичной очистке, следует дополнительно подрабатывать для отделения зерна 3-го сорта. Зерновые отходы упаковывают в мешки, взвешивают и хранят до реализации на складе. Питательная ценность 1 кг зерновых отходов составляет 0,5-0,6 кормовых единиц.

Зерновые отходы обычно используются на корм скоту. Отходы, которые не могут быть использованы для кормовых целей (ядовитые сорняки, испорченные зерна и др.), после определения их качества заводской лабораторией, а также заключения Государственной хлебной инспекции или ветеринарного надзора о непригодности их использования для кормления животных уничтожаются в присутствии специально созданной комиссии, о чем составляется соответствующий акт.

Сплав образуется при замачивании ячменя. Он состоит из легких зерен ячменя, сорняков, ости. Количество его зависит, в основном, от эффективности подработки зерна перед замачиванием. Он собирается в сливные коробки, уста-

новленные на замочных аппаратах для отделения излишней влаги, и выгружаются в специальные бункера.

Влажность сплава составляет от 12 до 32 %; белок - около 10 %; клетчатка - 12 %; минеральные вещества - 3,5 %. Питательная ценность 1 кг сплава составляет 0,6-1,0 кормовых единиц.

Ячменный сплав используется на корм скоту. Влажный сплав плохо хранится, поэтому на крупных солодовенных предприятиях предусмотрены сушильные установки для его подсушивания до влажности 12-14 %. Такой сплав используется для производства комбикорма.

2. Замочная вода

В процессе замачивания ячменя из его оболочек экстрагируются биологически активные вещества, которые регулируют процессы роста, дыхания, синтеза гидролитических ферментов. Количество таких веществ может составлять 0,5-1,5 % по массе. К таким веществам относятся: фенолы, фенолкарбоновые кислоты, фитогормоны (гиббереллины, ауксины), антибиотик гордецин, витамины. Поэтому замочную воду можно использовать как источник биологически активных веществ при замачивании и проращивании с целью интенсификации процессов и снижения потерь сухих веществ. Для этого замочную воду предварительно подвергают специальной обработке (осветлению и дезинфекции).

Российскими учеными разработан способ получения из замочной воды антибиотического препарата гордецина. Замочную воду пропускают через колонку с катионитом КУ-23, затем адсорбированные вещества извлекаются 80 %-м этанолом, и полученный элюат сгущается в вакуум-ректификационном аппарате, фильтруется через тканевый фильтр и центрифугируется при 20 тыс. об/мин. Препарат отделяется с барабана центрифуги 96 %-м этанолом, спирт отгоняется, а препарат сгущается на вакуум-установке до концентрации сухих веществ 65 %. Такая установка производительностью 100 г препарата в сутки внедрена на пивоваренном заводе им. Степана Разина (г. С-Петербург).

Полученный препарат гордецин ($C_{25}H_{39}O_7$) имеет маслообразную консистенцию, темно-янтарный цвет, запах меда и корки ржаного хлеба, горький вкус, обладает сильными окислительными свойствами, в воде плохо растворим, хорошо растворим в спирте. Гордецин обладает антибиотической активностью с широким спектром действия и может быть использован для лечения гнойных процессов.

Из замочной воды можно получать витаминный препарат, содержащий витамины группы В. Через колонку с активным углем марки АГ-3 пропускают воду после замачивания в количестве 2 дм³/кг сорбента. При пропускании происходит сорбция биологически активных веществ. Затем колонку последовательно промывают 96 %-м этиловым спиртом в количестве 4 дм³/кг сорбента, водой и 5 %-м раствором KCl в растворе HCl концентрацией моль/дм³ из расчета 4 дм³ раствора на 1 кг сорбента. Фильтрат и элюат концентрируют под вакуумом в токе CO₂ при остаточном давлении 0,01 МПа. Витамины группы В экстрагируются изоамиловым спиртом, который затем удаляется под вакуумом.

Полученный комплексный препарат содержит, мкг/г: В₁ - 5-6; В₂ - 26-28; В₆ - 13-15; В₁₂ - 7-8.

Замочная вода может быть использована также для культивирования микроорганизмов в качестве активатора биологических процессов в количестве 0,5-1 % к объему среды (при синтезе лимонной кислоты, выращивании хлебопекарных дрожжей); с содержанием 1,5 % органических веществ - для орошения пастбищ; при затирании для увеличения выхода экстракта.

3. Солодовые ростки

Солодовые ростки отделяются от свежесушеного солода в росткоотбивочных машинах. Количество образующихся ростков зависит от принятого способа и параметров солодоращения. Хранят ростки в бункерах или мешках до 1-го месяца. Питательная ценность 1 кг ростков составляет 0,77 кормовых единиц.

Солодовые ростки содержат воды до 10 %; белка - 22-24 %; клетчатки - 14 %; безазотистых экстрактивных веществ - 42-44 %; жира - 1,5-2,0 %; минеральных веществ - 7 %. В ростках содержится 0,4-0,5 % оксифенилдиметилamina, который придает им горький вкус. Из витаминов в ростках содержатся (мг/100 г): В₁ - 0,67; В₂ - 0,66; В₃ - 1,88; В₆ - 0,56; В₁₂ - 0,5; РР - 0,3; Е - 1,34; С - 6,0. Из аминокислот содержатся: лизин, аргинин, треонин, лейцин, изолейцин и др. Состав ростков может изменяться в зависимости от качества ячменя, типа вырабатываемого солода, способа солодоращения и длины образующихся корешков.

Солодовые ростки являются ценным источником аминокислот, витаминов, ферментов, стимуляторов роста и могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

Чаще всего ростки используются на корм скоту. Из-за горького вкуса ростки самостоятельно как корм не используют, а используют как добавку к кормам. Можно ростки предварительно измельчить и стандартизировать по сырому белку, а затем гранулировать.

Из солодовых ростков получают вытяжку путем экстрагирования водой измельченных ростков при температуре 50 °С в течение 2-х час при гидромодуле 1:10 и периодическом перемешивании. После сепарирования экстракт содержит 4-4,5 % сухих веществ. Для увеличения срока хранения концентрируют под вакуумом при максимальной температуре 50 °С до содержания сухих веществ 60 %. Полученный экстракт содержит фосфора 1000-1400 мг/100 г; аминного азота - 1300-1500 мг/100 г; биотина - 150-180 мкг/100 г. Он используется для выращивания плесневых грибов, хлебопекарных, кормовых дрожжей, антибиотиков.

Из солодовых ростков можно также получать меланоидиновые препараты, используемые для подкрашивания сусла. Для этого измельченные ростки экстрагируют 2 часа водой при температуре 50 °С и гидромодуле 1:7 при перемешивании. Вытяжку фильтруют и упаривают под вакуумом при температуре 50 °С до содержания сухих веществ 55 %. Затем для накопления меланоидинов

упаренную вытяжку выдерживают 4 часа при температуре 100-105 °С. Путем высушивания можно получать сухой концентрат с влажностью 6-9 %.

Разработан способ получения из солодовых ростков протеолитического ферментного препарата. Для этого измельченные ростки экстрагируют водой при температуре 10 °С при гидромодуле 1:10 и рН 5,8 4-6 час. Ростки отделяют на центрифуге, а фугат концентрируют вымораживанием в течение 2-х суток. После отделения льда сконцентрированную вытяжку подщелачивают до рН 6,3 и осаждают белки этиловым спиртом. Осадок фильтруют, высушивают под вакуумом до влажности 3 %. Полученный препарат содержит витамины В₁, В₂, В₆, В₁₂, РР, пантотеновую кислоту и может быть использован на стадии брожения и дображивания для ускорения процесса и повышения стойкости пива.

Контрольные вопросы:

1. На каких стадиях технологического процесса производства солода образуются отходы?
2. Каков химический состав образующихся отходов?
3. Каковы пути использования зерновых отходов?
4. Как утилизируется сплав?
5. Какие препараты можно получать из замочной воды?
6. Каков химический состав ростков?
7. Каковы способы утилизации солодовых ростков?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вода и сточные воды в пищевой промышленности. - М.: Пищевая промышленность, 1972. - 384 с.
2. Достижения в технологии солода и пива / Под ред. Колпакчи А.И. - М.: Пищевая промышленность, Прага: СНТЛ - Изд-во технической литературы, 1980. - 351 с.
3. Ермолаева Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия. - СПб.: Профессия, 2004. - 536 с.
4. Жеребцов Н.А., Корнеева О.С., Фараджева Е.Д. Ферменты: их роль в технологии пищевых продуктов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1999. - 118 с.
5. Кашурин А.Н., Домарецкий В.А. Совершенствование переработки сырья для производства безалкогольных напитков. - К.: Урожай, 1987. - 128 с.
6. Кретов И.Т., Антипов С.Т. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности. - Воронеж: Изд-во государственного университета, 1997. - 624 с.
7. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива / Пер. с нем. - СПб.: Изд-во Профессия, 2001. - 912 с.
8. Лхотский А. Ферменты в пивоварении. - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 318 с.
9. Меледина Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. - СПб.: Профессия, 2003. - 304 с.
10. Нарцисс Л. Технология солода / Пер. с нем. - М.: Пищевая промышленность, 1980. - 504 с.
11. Пермякова Л.В., Киселева Т.Ф. Общая технология отрасли / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2004. - 80 с.
12. Пермякова Л.В., Киселева Т.Ф. Технология отрасли. Раздел 1. Основы производства продуктов брожения / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2005. - 148 с.
13. Технология солода, пива и безалкогольных напитков / К.А. Калунянц, В.Л. Яровенко, В.А. Домарецкий, Р.А. Колчева. - М.: Колос, 1992. - 446 с.
14. Тихомиров В.Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производств. - М.: Колос, 1998. - 448 с.
15. Федоренко Б.Н. Инженерия пивоваренного солода. - СПб.: Профессия, 2004. - 248 с.
16. Хмель и хмелевые препараты в пищевой промышленности / И.С. Ежов, И.Г. Рейтман, З.Н. Аксенова и др. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 168 с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Киселева Татьяна Федоровна

Технология отрасли

ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА

Учебное пособие

Для студентов вузов

Зав. редакцией *И.Н. Журина*
Редактор *Н.В. Шишкина*
Технический редактор *Т.В. Васильева*
Художественный редактор *Л.П. Токарева*

ЛР № 020524 от 02.06.97
Подписано в печать 30.12.05. Формат 60x84^{1/16}
Бумага типографская. Гарнитура Times
Уч.-изд. л. 8,25. Тираж 300 экз.
Заказ № 166

Оригинал-макет изготовлен в редакционно-издательском отделе
Кемеровского технологического института пищевой промышленности
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

ПЛД № 44-99 от 10.10.99
Отпечатано в лаборатории множительной техники
Кемеровского технологического института пищевой промышленности
650010, г. Кемерово, ул. Красноармейская, 52