

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Романчук Иван Сергеевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 14.01.2026 16:55:18

Уникальный программный ключ:

6319edc2b582ffdacea443f01d5779368d0957ac34f5cd074d81181530452479

В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ
«Об образовании в Российской Федерации» ТюмГУ является
правопреемником ГАУ Северного Зауралья и продолжает
реализовывать образовательные программы по соответствующим
видам, уровням и условиям обучения, в том числе с сохранением
всех существующих форм и условий обучения

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА, ПИВА И СПИРТА

Р. И. Беликин
В. М. Губанов
М. В. Губанов



E-LANBOOK.COM

**Р. И. БЕЛКИНА,
В. М. ГУБАНОВА,
М. В. ГУБАНОВ**



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА, ПИВА И СПИРТА

*Учебное пособие содержит сведения,
необходимые для формирования
профессиональных компетенций
при подготовке бакалавров по направлению
«Технология производства и переработки
сельскохозяйственной продукции»,
и рекомендуется Научно-методическим советом
по сельскому хозяйству для использования
в учебном процессе*



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
МОСКВА
КРАСНОДАР
2020

УДК 663.4
ББК 36.87я73

Б 43 Белкина Р. И. Технология производства солода, пива и спирта : учебное пособие для вузов / Р. И. Белкина, В. М. Губанова, М. В. Губанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 104 с. : ил. — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-8114-5379-5

В учебном пособии изложены теоретические и практические основы производства солода, пива и спирта. Дана характеристика сырья, которое используется в пивоваренной и спиртовой промышленности. Рассмотрение технологических процессов производства сопровождается изложением биохимических изменений, происходящих в продукции. Качество солода, пива и спирта рассматривается в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

В пособии представлен лабораторный практикум, в котором изложены методы оценки сырья для пивоварения: определение крупности зерна, содержания сорной и зерновой примесей, влажности зерна, способности прорастания, плёчатости, титруемой кислотности зерна, содержания белка и крахмала в зерне и др.

Пособие предназначено для студентов вузов направления подготовки «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

УДК 663.4
ББК 36.87я73

Рецензенты:

Н. А. БОМЕ — доктор сельскохозяйственных наук, профессор Тюменского государственного университета;

О. А. КУЛЯСОВА — старший преподаватель кафедры почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья.



Обложка
П. И. ПОЛЯКОВА

© Издательство «Лань», 2020
© Коллектив авторов, 2020
© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Пиво согласно ГОСТ 31711-2012 — пенистый напиток без добавления этилового спирта, полученный из пивоваренного солода, хмеля и (или) хмелепродуктов и воды с применением или без применения зернопродуктов, сахаросодержащих продуктов в результате брожения пивного сусла, содержащий этиловый спирт, образовавшийся в процессе брожения сусла.

Пивоварение — одно из древнейших производств. Считают, что пиво умели варить в Вавилоне еще 7 тыс. лет до н. э. Дальнейшее развитие пивоварения получило в Древнем Египте, Персии а затем и по всей Европе.

На Руси приготовление пива получило широкое распространение в IX в. На территории Древнего Новгорода во время археологических раскопок были найдены берестяные грамоты, содержащие указания о способах приготовления пива в основном с добавлением меда.

Производство пива в России в промышленном масштабе развивалось в XVIII–XIX вв., когда были построены крупные заводы в Москве, Петербурге, Харькове и Киеве.

В настоящее время пивоварение относится к одной из наиболее динамично развивающихся отраслей. За счет роста цен объемы продаж пива в 2015 г. в денежном исчислении выросли на 24,9% по сравнению с 2010 г. Причем свыше 73% реализованного в России пива приходится на крупные компании: ООО «Пивоваренная компания „Балтика“», ООО «Объединенные пивоварни Хейнекен», АО «Сан ИнБев» и АО «Пивоварня Москва-Эфес».

Особое внимание на сегодняшний день уделяется автоматизации и механизации процессов производства, доведению до минимума ручного труда. На современных заводах практически все процессы автоматизированы. Строятся новые предприятия, способные производить пиво по современной технологии, старые заводы активно проводят реконструкцию производства.

Пивоварение — сложная технология, связанная с целым рядом физико-химических, микробиологических и биохимических процессов, а также применением разнопланового оборудования.

В данном пособии представлены основы теории и практики производства солода, пива и спирта.

ГЛАВА 1

СЫРЬЕ ДЛЯ ПИВОВАРЕНИЯ

Пиво — тонизирующий, пенистый, слабоалкогольный напиток, насыщенный двуокисью углерода. Наличие в пиве углекислого газа обуславливает его свойство хорошо утолять жажду, а выделяющиеся пузырьки газа при наливке в бокал и образующаяся на поверхности пена придают красивый вид напитку.

Получают пиво спиртовым брожением солодового сусла с помощью пивных дрожжей, обычно с добавлением хмеля. В большинстве сортов пива содержание этилового спирта около 3,0–6,0% об, сухих веществ 7–10%, углекислого газа 0,48–1,0%.

Вкус пиву придают химические вещества, которые содержатся в хмеле и образуются в процессе обработки солода или в ходе брожения при участии дрожжей. На полноту вкуса влияет концентрация начального сусла, содержание алкоголя и степень насыщения пива углекислотой.

Технология производства пива представлена двумя самостоятельными процессами: производством солода и приготовлением пива. Для этих производств используется зерновое сырье, хмель, вода и дрожжи.

В качестве сырья для производства пива используют ячмень в виде солода, несоложенные материалы, ферментные препараты, хмель, пивные дрожжи и воду.

Ячмень по составу экстрактивных веществ и их сбраживаемости более других злаковых культур пригоден для получения пивоваренного солода. Естественным фильтром при отцеживании сусла служат цветковые пленки дробленого ячменного солода. Ферменты, образующиеся или активизирующиеся при проращивании ячменя, способствуют растворению запасных питательных веществ. Пиво из ячменя по вкусовым свойствам и химическим показателям превосходит пиво из других видов зернового сырья.

Для пивоварения пригодно далеко не всякое зерно ячменя. На пивоваренные свойства ячменя влияют метеорологические и почвенные условия выращивания, агротехника возделывания, сортовые особенности и химический состав.

Большую роль в технологии производства солода и пива играют органические вещества: углеводы, азотистые соединения, полифенолы. Основное химическое вещество ячменного зерна, из которого получают экстракт (главная составная часть пива), — крахмал. Содержание крахмала в зерне тем больше, чем меньше оно содержит белка.

На качество пива отрицательно влияют гумми-вещества, которые по составу и строению близки к гемицеллюлозе. В гумми-веществах, выделенных из эндосперма ячменя, содержится 80–85% β -глюкана, присутствие которого в сусле ухудшает его качество — повышает вязкость сусла и затрудняет его фильтрование, приводит к снижению газо- и пенообразующей способности, появлению мути в результате агрегирования β -глюканов с дрожжами. В ряде стран выведены первые сорта ячменя, не содержащие β -глюкана.

Стойкость пива снижают пектиновые вещества ячменя, которые способствуют пенообразованию, осаждают тяжелые металлы, но в то же время входят в состав коллоидной мути пива.

Нежелательно и присутствие жиров в сусле, так как они отрицательно влияют на пенообразование, стабильность и вкус пива.

Белковые вещества ячменя влияют на вкус, цвет, пенистость и стойкость пива при хранении. Продукты гидролиза белков (пептиды и аминокислоты) необходимы для питания дрожжей при брожении.

Ячмени с содержанием белка менее 9% дают пиво с низкой пенистостью, а более 12% — согреваются при солодоращении, и из них получается солод с пониженным выходом экстракта. Пивоваренные ячмени должны содержать 9–12% белка. Некоторые фракции белков ячменя, а именно эдестин (глобулин) и гордеин (проламин), способствуют помутнению пива, полифенольные вещества — образованию коллоидной мути пива. Большая часть полифенолов ячменя представлена антоцианогенами, которые отрицательно влияют на стойкость, стабильность запаха, вкуса, пенистые свойства и цвет пива.

Кроме широко изученных ферментов, гидролизующих углеводы, белки, другие запасные питательные вещества зерна злаков, учеными в зерне ячменя выявлены новые группы энзимов, очень важных именно для пивоваренного ячменя. Особое значение среди энзимов имеют ферменты, участвующие в разрушении клеточных стенок (трансферазы, изомеразы, лигазы и др.), а также узкоспециализированный фермент β -глюканаза, расщепляющий высокомолекулярные соединения — β -глюканы.

Требования к товарному зерну пивоваренного ячменя регламентированы стандартом ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный. Технические условия». В зависимости от качества его делят на два класса.

Органолептические показатели (цвет, запах) характеризуют общее состояние зерна и определяются фитосанитарным состоянием, условиями уборки, первичной доработки и хранения. Ячмень, поставляемый для пивоварения, должен быть здоровым, светло-желтым или желтым, равномерной окраски от основания до кончика зерна. Запах ячменя должен быть свежим, напоминающим запах соломы, без оттенков затхлого и плесневелого запаха.

По размеру для солодоращения требуется ячмень крупный и выравненный. Норматив стандарта по крупности — не ниже 85% для первого и 60% для второго классов. Также ограничено содержание мелких зерен — 5% для первого класса и 7% — для второго.

Предпочтительная форма зерна пивоваренного ячменя эллиптическая или овальная. Такая форма способствует равномерному распределению в нем запасных питательных веществ и более полному их растворению при солодоращении, что отражено в требованиях стандарта.

Содержание сорной и зерновой примесей в ячмене первого класса не должно превышать 1 и 2% соответственно, второго — 2 и 5%. В числе сорной примеси ограничивается вредная примесь — 0,2%, а в числе вредной гелиотроп опушенноплодный и триходесма седая не допускаются. Зараженность вредителями хлебных запасов не допускается, кроме зараженности клещом 1-й степе-

ни, который может быть выделен при просеивании или погибает при обработке зерна.

Наиболее важными требованиями к ячменю, используемому для солодоращения, являются хорошая прорастаемость зерна (90–95%), невысокая пленчатость (не более 10% массы зерна).

Способность прорастания — это процент зерен, проросших на 5-е сут солодоращения. Этот показатель оценивается через 45 сут после уборки ячменя.

К химико-технологическим показателям, которые определяются в специализированных лабораториях, относится экстрактивность. Экстрактивностью или экстрактом ячменя называется сумма всех веществ, которые переходят в раствор при обработке размоленного ячменя ферментами солода (выражается в процентах к массе ячменя).

Экстрактивность высококачественных сортов ячменя составляет 78–82% на абсолютно сухое вещество, разница между экстрактивностью ячменя и получаемого из него солода должна быть не более 1,5%. Производственная партия пивоваренного ячменя должна иметь экстрактивность не менее 78%, иначе ее переработка нерентабельна. Зерно пивоваренного ячменя должно иметь не более 9% внешних пленок (цветковых оболочек), так как увеличение их доли сверх этого значения снижает экстрактивность и часто ухудшает вкус пива.

Кроме ячменя составными частями пивоваренного сырья являются вода и хмель.

Вода. Органолептические свойства пива в большой степени зависят от качества воды. Она должна отвечать всем физико-химическим, органолептическим, микробиологическим требованиям, какие действуют в отношении питьевой воды. При соблюдении этих требований получают вкусный, ароматный напиток, удовлетворяющий запросы потребителей.

Основные ограничения для воды, применяемой в производстве пива, касаются таких показателей, как величина pH, жесткость, соотношения между концентрациями ионов кальция и магния.

Величина pH воды влияет на скорость и интенсивность ферментативных процессов, растворимость смол хмеля, процесс брожения. Для качества пива важны даже самые малые изменения этого показателя.

Не менее важный критерий для оценки качества воды — жесткость и ее сухой остаток (суммарная масса сухого вещества, остающаяся при испарении 1 л воды и сушке остатка при температуре 105–110°C). Она определяется концентрацией растворенных в ней ионов кальция и магния.

Вода во время приготовления пива должна иметь определенное количество солей жесткости, но только кальциевых, так как из-за магниевых пиво приобретает горечь. Повышенное содержание натрия также может негативно отразиться на вкусе пива, оно станет кисло-соленым. Железо следует полностью удалять, оно источник грубого привкуса. Чрезмерное содержание хлоридов замедляет приготовление пива, а повышенная концентрация сульфатов придает напитку горьковатый вкус.

Чем мягче местная вода, тем больше возможностей приготовить пиво высокого качества.

Очень важный показатель — бактериальная характеристика воды, отсутствие в ней вредной и болезнетворной микрофлоры.

Для обработки воды на пивоваренных заводах используются непрерывно действующие автоматические установки. Для улучшения физических свойств воды применяют такие приемы, как отстаивание, коагуляция, фильтрование, декарбонизация известью, термическая обработка и др. Наиболее современные способы — ионообменный, электродиализный и обратноосмотический, основанные на применении современных поверхностно-активных материалов и сложного оборудования.

Обеззараживают воду хлорированием, с фильтрованием через пористые керамические обеззараживающие фильтры с очень мелкими ячейками и другими способами.

Хмель является обязательным ингредиентом пива. Он придает пиву специфический горький вкус и аромат, способствует удалению из сусла некоторых белков, служит антисептиком, подавляя жизнедеятельность вредной микрофлоры, и повышает пеностойкость пива. Различают два основных вида хмеля: горький и ароматический.

В пивоварении применяют соцветия женских растений хмеля, которые содержат горькие смолы и эфирные масла, придающие пиву горечь и ароматические свойства. Шишки хмеля содержат, %: горьких веществ и смол — 12–22, эфирных масел — 0,2–0,8, дубильных веществ — 2–5, золы — 7–10, клетчатки — 13–14, безазотистых экстрактивных веществ — 25–27, азотистых веществ — 15–18, воды — 10–14.

Горькие вещества, содержащиеся в хмеле, до сих пор не найдены в других растениях, но некоторые из них получены синтетическим путем. Горькие вещества хмеля, называемые общими смолами, состоят из мягких α - и β -смол и твердых γ - и δ -смол. Наиболее изучены α -кислота — гумулон ($C_{21}H_{30}O_5$) и β -кислота — лупулон ($C_{26}H_{38}O_4$).

Для пивоварения особенно ценны α - и β -кислоты, обладающие наибольшей горечью. В процессе варки они превращаются в изогумулоны, которые способствуют образованию характерных для пива свойств. Окисляясь, α - и β -кислоты переходят в мягкие α - и β -смолы, усиливающие пеностойкость пива, придающие ему небольшую горечь и антисептичность. По физической структуре хмелевые смолы являются аморфными веществами, а горькие α - и β -кислоты — веществами кристаллического строения.

Мягкие α - и β -смолы при хранении окисляются и превращаются в твердые смолы, не имеющие практической ценности в пивоварении. Твердые смолы образуются при длительном или неправильном хранении шишек. При этом расщепляются и молекулы горьких веществ. В результате в хмеле накапливаются изовалериановая кислота, изомасляный альдегид, изопропилакриловая кислота и продукты их окисления. Присутствием данных веществ объясняется появление в шишках специфического сырного запаха, который указывает на недоброкачественность хмеля.

При оценке хмеля большое внимание обращают на эфирное масло. Эфирное масло придает хмелю присущий ему специфический аромат. Хмелевое масло — это смесь летучих маслообразных веществ с приятным запахом.

Содержание дубильных веществ в хмеле колеблется от 2 до 5%, и в кипящей воде они легко растворяются. При окислении (особенно в щелочной среде) дубильные вещества окрашиваются в темно-коричневый цвет. Дубильные вещества способствуют свертыванию (осаждению) белков в процессе пивоварения, т. е. осветляют пиво, а также увеличивают его пеностойкость.

Требования к качеству заготавливаемого хмеля (сырца) регламентированы стандартом ГОСТ 21946, который распространяется на хмель-сырец в виде шишек культивируемого растения хмеля (*Humulus lupulus* L.), высушенных и прошедших отлежку. Для пищевой промышленности на прессованный сульфитированный хмель действует ГОСТ 21947.

Запах хмеля должен быть специфический, хмелевой. Цвет — от светло-желтого до золотисто-зеленого (допускаются шишки с покрасневшими кончиками лепестков), влажность — 13%. Не менее 2,5% в пересчете на абсолютно сухое вещество должно быть содержание α -кислоты, хмелевых примесей — не более 10% (для хмеля машинного сбора) и 5% (для хмеля ручного сбора), содержание золы — не более 14%; содержание семян — не более 4%. Для хмеля прессованного установлено допустимое содержание общего количества сернистого ангидрида на абсолютно сухое вещество — не более 0,5%.

Хмель на пивоваренные предприятия поступает спрессованным и упакованным в джутовые мешки. Иногда его помещают в герметически закрываемые цилиндры с разъемными крышками. Хранят хмель при температуре 0,5–2°C в специальном хранилище, в котором должно быть сухо и темно. Срок хранения хмеля ограничен; через три года он становится непригодным для пивоварения. Более рациональный способ хранения и использования хмеля — получение из него хмелевых экстрактов. Одним из видов растворителей может быть этиловый спирт. Это дает не только экономию хмеля, но и повышает качество пива.

Несоложенное зерно других зерновых культур. Применение несоложенных материалов позволяет повысить качество продукции, снизить ее себестоимость, увеличивает экстрактивность сусла, что особенно необходимо при создании новых сортов пива в условиях возрастающей конкуренции. Все большее число предприятий использует такие зерновые культуры, как ячмень, рис, кукуруза, пшеница, овес, сорго, просо, тритикале.

Рис принадлежит к наиболее полноценному крахмалистому сырью. Выход экстракта в сухом веществе достигает 95–97%, выход экстракта в варочном отделении колеблется от 80 до 83%. Он имеет малое содержание растворимых белков, невысокое количество жира, в нем отсутствуют β -глобулин и антоцианогены. Добавка риса снижает цвет сусла, что выгодно при производстве экспортных сортов пива, от которого обычно требуется особенно светлый цвет. В пивоварении перерабатывают в основном рисовую сечку.

Пшеница имеет такой же состав, как и ячмень, однако является более экстрактивной (70–76% крахмала в сухом веществе). Белки пшеницы при затира-

нии образуют клейковину, трудно гидролизующуюся ферментами, что снижает фильтруемость затора.

Кукуруза является хорошим заменителем ячменя. В пивоварении используют крахмалистые сорта кукурузы. Она не содержит β -глобулина и антоцианогенов, имеет мало растворимых белков, содержит 4–6% жира, который легко прогоркает и вместе с горькими веществами из оболочек оказывает неблагоприятное влияние на вкус пива. Поэтому кукуруза очищается, освобождается от оболочек и зародышей, содержащих наибольшее количество жира. На варку кукуруза поступает в виде кукурузной крупки, которая содержит только 1–2% жира. Состав кукурузной крупки колеблется в зависимости от сорта и происхождения кукурузы. Влажность ее равна 12–14%, содержание белков — 9–10%, крахмала — 60–66%. Экстрактивность кукурузной крупки почти такая же, как хорошего солода.

При использовании более 20% несоложенных продуктов применяют ферментные препараты в количестве от 0,001 до 0,075% к массе перерабатываемого сырья.

Сахаристые продукты. В пивоварении используют в основном свекловичный сахар, а для некоторых сортов пива — тростниковый сахар-сырец, им частично заменяют солод.

Кристаллический, рафинированный белый сахар из свеклы или тростника — наиболее чистый продукт. Он содержит не менее 99,8% сахарозы, не более 0,03% золы и 0,08% воды, остальные примеси незначительны. Сахар хорошо хранится и для пивоваренных целей пригоден в виде крупной и средней гранулометрической фракции. Рафинированный сахар бесцветен, так что в качестве добавки снижает цвет сусла.

Пивные дрожжи. Для сбраживания пивного сусла применяют дрожжи определенных рас. Для пивоварения применяют дрожжи верхового (поверхностного, теплого) брожения и низового (глубинного, холодного).

Пивные дрожжи низового брожения сбраживают сусло при температуре 6–12°C и по окончании брожения оседают плотным слоем. Пивные дрожжи верхового брожения сбраживают сусло при температуре 14–25°C и к концу брожения собираются на поверхности. Дрожжи верхового брожения используют редко и в основном для получения темных или специальных сортов пива. В производстве пива для улучшения его аромата и вкуса применяют смешанные расы дрожжей или ведут брожение разными расами с последующим смешиванием молодого пива в аппаратах дображивания.

Контрольные вопросы

1. Какие виды сырья используются в технологии производства солода и пива?
2. Назовите компоненты химического состава зерна ячменя.
3. Какие требования предъявляются стандартом к пивоваренному ячменю по содержанию белка, крупности, способности прорастания?
4. Дайте понятие экстрактивности. Какая величина экстрактивности у лучших пивоваренных сортов ячменя?

5. Какие требования предъявляются к воде, используемой в технологии производства солода и пива?

6. Назовите безазотистые соединения, в большой степени влияющие на качество пива.

7. Какие требования предъявляются стандартом к качеству хмеля-сырца?

8. Продукция каких зерновых культур используется в производстве пива?

9. Какие виды сахаристых продуктов используются в пивоварении?



ГЛАВА 2 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА

Производство солода из ячменя включает следующие технологические этапы: очистку и сортирование зерна, замачивание ячменя, проращивание зерна, сушку солода, удаление из солода ростков и полировку.

2.1. Очистка и сортирование зерна ячменя

Ячмень, поступающий для переработки в солод, содержит различные примеси, которые затрудняют проращивание и ухудшают качество солода. Поэтому при приемке зерно очищают от разных примесей, щуплых и битых зерен на воздушно-ситовом сепараторе и триере. Перед переработкой ячмень подвергают повторной, более тщательной очистке и сортированию. Ячмень разделяют по размеру зерен на I, II и III сорта, что необходимо для равномерного замачивания и проращивания.

Для деления ячменя на сорта используют цилиндрические сита с продолговатыми отверстиями шириной 2,2 и 2,5 мм. Проходом через первое сито с шириной отверстий 2,2 мм идут щуплые зерна (III сорт), сквозь второе сито проходят зерна средней величины (II сорт), а наиболее крупные и тяжелые зерна (I сорт) поступают сходом с этих сит. Эту операцию проводят на сортировальной машине (рис. 1). Зерно подается через приемное отверстие 2 на барабанное сито 1. Под вращающимся барабаном имеются два шнека 5, ими отводится ячмень III и II сорта.

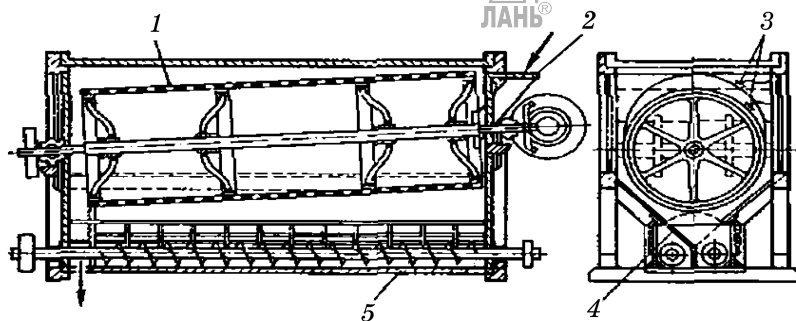


Рис. 1
Сортировальная машина

Клапаны 4 не позволяют смешиваться отсортированному зерну. Сита очищаются щетками 3.

Ячмень, разделенный на сорта, отличается по экстрактивности, содержанию белка и способности к прорастанию (табл. 1).

Влияние крупности зерна ячменя на показатели качества
(по Ермолаевой Г. А. и Колчевой Р. А., 2000)

Показатель	Ячмень несортированный	Ячмень сортированный размером, мм		
		более 2,5	2,2–2,5	менее 2,2
Экстрактивность, %	76,0	79,0	76,3	71,1
Белок, %	12,0	10,9	11,5	14,6
Масса 1000 зерен, г	40	44	38	24
Энергия прорастания, %	92	95	91	88
Способность прорастания, %	95	98	96	93

2.2. Замачивание ячменя

Основная цель замачивания ячменя — увлажнение, для того, чтобы стимулировать прорастание зерна. Необходимо, чтобы зерно достигло содержания влаги до 43–45%, это обеспечивает его активное и равномерное прорастание.

В сухом зерне ферменты, необходимые для получения солода, не активные или имеют низкую активность. При замачивании вода, попадающая внутрь зерновки, способствуют активизированию ферментов, и это обеспечивает процессы прорастания.

Перед замачиванием зерно моют и дезинфицируют для того, чтобы очистить поверхность зерна от загрязнителей и удалить микроорганизмы с его поверхности. В качестве дезинфицирующих средств применяют растворы негашеной извести или перманганата калия. Применяют также 0,15%-ный раствор щелочи (NaOH), это улучшает качество замачивания. Щелочной раствор разрыхляет оболочку зерна, что способствует экстрагированию полифенольных и горьких веществ из оболочки зерна и улучшает вкус пива.

Зерно замачивают в замочных аппаратах, которые оборудованы устройствами для подачи воды, воздуха и для перемешивания зерна.

Замочный аппарат представляет собой цилиндрический сосуд с коническим дном (рис. 2).

Зерно засыпается в аппарат сверху, а снизу через сетку предварительно подается вода. В центре аппарата — труба, которая служит для перекачивания зерна снизу вверх. В трубку по воздухопроводу подается сжатый воздух, и в ней образуется смесь воды, зерна и пузырьков воздуха. Эта смесь поднимается вверх, попадает во вращающееся сегнерово колесо, которое равномерно распределяет зерно по поверхности зерновой массы. Таким образом идет процесс циркуляции между нижними и верхними слоями зерна. В результате происходит его мойка и замачивание. Сжатый воздух подается через барботажные трубки с целью аэрации зерна. Установленная ловушка на корпусе аппарата предназначена для удаления загрязненной воды и легковесных зерен. Для выгрузки зерна установлен выгрузной патрубкок, для слива воды — водяной кран.

При замачивании объем зерна увеличивается на 35–40%. Зерно после замачивания становится мягким и эластичным из-за набухания коллоидных веществ. Из оболочек зерна, которые становятся более проницаемыми, в раствор переходят соли, дубильные и другие вещества. В процессе замачивания в воду

переходят сахара, пентозаны, азотистые и минеральные вещества, всего теряется около 1% сухих веществ зерна.

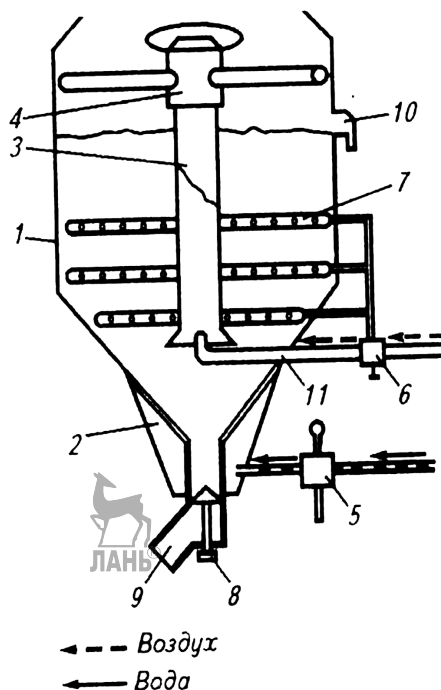


Рис. 2
Замочный аппарат:

1 — цилиндрический сосуд; 2 — сетка; 3 — центральная труба; 4 — сегнерово колесо; 5 и 6 — водяной и воздушный краны; 7 — барботажная трубка; 8 — выгрузной клапан; 9 — выгрузной патрубок; 10 — ловушка; 11 — воздуховод.

С увеличением содержания воды возрастает энергия дыхания зерна, поэтому для поддержания нормального дыхания в замочную воду подают сжатый воздух. При недостатке кислорода в воде может наступить анаэробное дыхание и более быстрое разрушение запасных веществ зерна с образованием этилового спирта и диоксида углерода. Спирт тормозит развитие зародыша зерна, а при концентрации его 0,8% рост зародыша подавляется.

В начале замачивания поглощение воды идет быстро, а затем интенсивность процесса снижается. В первые 25–30 ч замачивания влажность зерна увеличивается очень быстро (примерно на 1% за 1 ч) и достигает 35–40%, а за последующие 30–40 ч влажность повышается незначительно — на 4–5%.

На скорость замачивания влияет температура воды: чем она выше, тем быстрее вода проникает в зерно. Так, для достижения влажности 42% при температуре 10°C требуется 75 ч, при 15°C — 50 ч. Но с ростом температуры усиливается жизнедеятельность микроорганизмов, находящихся на поверхности зерна. Поэтому установлена оптимальная температура замачивания ячменя — 10–12°C. При более низкой температуре сильно тормозится развитие зародыша, а при повышенной — интенсивно развиваются микроорганизмы. Эта темпера-

тура принята для замачивания легкоразрыхляемого ячменя. Трудноразрыхляемые ячмени замачивают при повышенной температуре.

Водопоглощение зависит от сорта. Некоторые сорта более чувствительны к воде, другие — в меньшей степени. Влажность, которой достигает ячмень при замачивании, называется степенью замачивания, она измеряется в процентах.

Скорость замачивания зависит и от размеров зерна. Крупное зерно увлажняется дольше. Например, сроки замачивания ячменя толщиной 2,8 мм примерно на 1 сут больше, чем ячменя толщиной 2,2 мм.

Одинаковые по размеру зерна увлажняются до одного уровня влажности и равномерно развиваются при прорастивании. Поэтому перед прорастиванием ячмень разделяют по размеру зерен на фракции.

Солевой состав воды также влияет на скорость замачивания. В мягкой воде ячмень замачивается быстрее, чем в жесткой. В связи с этим для замачивания зерна рекомендуется использовать воду жесткостью до 3,5 ммоль/дм³.

Очень важно соблюдать оптимальную степень влажности (43–45%). Если поглощается больше воды, оболочка зерна может частично разрушиться, в зерно из воды начнут проникать соли, что приведет к гибели зародыша.

В процессе замачивания в зерне происходит глубокая перестройка всего ферментативного комплекса, активирование ферментов, особенно амилолитических и протеолитических. Изменяется также состояние белковых веществ в зерне — содержание нерастворимых соединений уменьшается, а растворимых — увеличивается. Замачивание зерна можно считать первой стадией его прорастивания.

Если условия замачивания благоприятны, то уже в замочном аппарате происходит наклевывание зародыша. Для его дыхания необходим кислород и удаление веществ, которые тормозят прорастание (СО₂, спирты, органические кислоты и др.). Эти вредные вещества удаляются с помощью отсасывающих устройств. Для регулярного снабжения кислородом погружение зерна в воду чередуют с воздушным насыщением зерна, спуская воду через нижний патрубок замочного аппарата.

Существует ряд способов замачивания: воздушно-водяной, оросительный, в непрерывном потоке воды и воздуха, перезамачивание и повторное замачивание; замачивание в моечных шнеках. Наиболее экономически эффективны оросительный и воздушно-оросительный способы замачивания.

При оросительном способе зерно моют, дезинфицируют и помещают в замочный аппарат слоем 1 м. В воде зерно выдерживают от 6 до 8 ч. После этого воду удаляют и постоянно увлажняют зерно орошением. Вода, поступающая сверху, насыщает зерновую массу кислородом и уносит образовавшийся диоксид углерода. Таким образом, создаются благоприятные условия для жизнедеятельности зерна.

Воздушно-оросительный способ замачивания представляет собой орошение зерна водой, распыленной форсунками. Зерно попеременно оставляют то погруженным в воду на короткое время (до 2–4 ч), то без воды на более продолжительное время (12–14 ч). В период, когда зерно находится без воды, его в течение 1–1,5 ч орошают водой. После этого воздух из нижней части аппарата

в течение 15 мин отсасывают вакуум-насосом. Орошение проводят до тех пор, пока зерно не достигнет нужной влажности: 42–44% для светлого солода и 45–47% — для темного.

При необходимости проведения «теплого» замачивания (18°C) в аппарате чаще меняют воду и более интенсивно аэрируют зерно, так как усиливается дыхание зерна и выделяется больше диоксида углерода. При выгрузке зерна температура воды должна быть не выше 15°C, и ее подают непрерывным потоком в течение 2 ч. При таком способе замачивания для дезинфекции в воду часто добавляют хлорную известь. При этом в конце замачивания ячмень отмывают от хлора, так как он придает пиву неприятный привкус.

Степень замачивания ячменя можно определить, используя массу 1000 зерен до замачивания и после него, а также с учетом исходной влажности зерна. При органолептической оценке степени замачивания увлажненное зерно сжимают большим и указательным пальцами вдоль длинной оси. При этом должно быть слышно легкое потрескивание отделяющейся от эндосперма оболочки и не должна чувствоваться жесткая структура зерна.

Время замачивания зависит от сорта, условий выращивания, уборки и послеуборочной обработки ячменя, а также от температуры при замачивании. В среднем продолжительность замачивания составляет 46–62 ч.

2.3. Проращивание ячменя

Основная цель проращивания ячменя — накопление в зерне ферментов в свободном состоянии. Ферменты необходимы для перевода нерастворимых веществ зерна в растворимые с целью получения богатого ферментами солода. Процессы, происходящие при проращивании, состоят из нескольких этапов: процессов роста; образования ферментов; превращения веществ. В прорастающем зерне развиваются зародышевые корешки. Зародышевый корешок уже в конце замачивания становится видимым. Через 2 дня образуются 2–4 корешка, длина которых у светлого солода должна достигать около полуторной длины зерна, а у темного — около одной длины зерна. После сушки зерна корешки удаляются, т. е. составляют потери при солодоращении. Чтобы эти потери уменьшить, нужно проращивать ячмень при возможно низких температурах, при этом корешки будут иметь минимальную длину. Удаление корешков обычно составляет потери около 4% от сухого вещества солода.

Росток зародыша проникает через семенную оболочку, но не проникает через цветочную и двигается от зародыша к верхнему концу зерна. Его наличие можно установить по утолщению под цветочной пленкой. Длина ростка у светлого солода должна достигать от 2/3 до 3/4 длины зерна, а у темного — от 3/4 до одной длины зерна.

Во время роста зерна происходит растворение веществ. Далее идет процесс образования и активации ферментов. В созревшем сухом зерне ферменты связаны с белками и находятся в неактивном состоянии. При прорастании зерна протеолитические ферменты гидролизуют белки и те ферменты, которые были связаны с белками, становятся свободными, активными.

Наибольшее значение из многих ферментов ячменя и солода имеют следующие:

- ферменты, расщепляющие крахмал, — α - и β -амилазы;
- цитолитические ферменты — в первую очередь β -глюконаза;
- ферменты, расщепляющие белок, — протеазы;
- ферменты, расщепляющие жиры, — липазы.

Амилаза образуется начиная со второго дня проращивания. В результате прорастания и активизации ферментов в проросшем зерне по сравнению с непроросшим в 3–5 раз увеличивается количество гексозанов и пентозанов, в 3–4 раза простых углеводов, в 3–6 раз содержание аминного азота. И в то же время на 5–10% уменьшается содержание крахмала. При этом остающийся крахмал изменяет свои свойства: при температуре 70°C легко превращается в растворимые вещества — декстрины и простые сахара (в процессе затирания солода с водой).

Для нормализации процесса прорастания зерна необходимо создавать определенные условия: поддерживать оптимальную влажность зерна (43–45%) и оптимальную температуру (14–16°C); относительная влажность воздуха должна быть в пределах 90–95% (для достижения оптимальных условий увлажнения зерно необходимо увлажнять водой, т. е. орошать). Нужно также обеспечивать оптимальную газовую среду: в первые 2 сут проращивания соотношение кислорода и диоксида углерода должно быть больше единицы, т. е. кислород должен преобладать. Это создает благоприятные условия для роста зародыша и образования ферментов. В дальнейшем необходимо создавать анаэробные условия для торможения роста корешков и ростка. При этом ферментативные процессы не замедляются.

Ячмень проращивают в солодовнях. Они бывают токовые и пневматические. Токовые солодовни (проращивают зерно на бетонном или асфальтовом полу) не имеют перспективы, так как требуют много ручного труда и малопродуктивны.

Применение механизированного и пневматического солодоращения основано на продувании слоя прорастающего зерна специальными аппаратами, которые нагнетают увлажненный воздух. Для перемешивания зерна (ворошения) применяют шнековые ворошители. Пневматические солодовни бывают нескольких типов: ящичные, барабанные, устройства с передвижной грядкой и др.

Солодовня с передвижной грядкой (рис. 3) состоит из длинного ящика 6, в нем пространство под ситом разделено на секции 10, количество секций равно числу суток проращивания. Замоченное зерно из чанов 7 и 8 выгружается на сито над первой и второй секциями. Перемещается зерно на сита последующих секций через каждые 12 ч ковшовым солодоворошителем 5, который передвигается из одного ящика в другой при помощи тележки 4. На освободившуюся площадь сита вновь загружается замоченное зерно.

Режим рашения и продувки зерна следующий: вначале продуванием кондиционированного воздуха зерно подсушивают, а затем поддерживают необходимую температуру и аэробные условия дыхания. Чтобы обеспечить нормаль-

ные условия для проращивания, относительная влажность воздуха должна быть 100%, а температура его на 2°С ниже температуры солода.

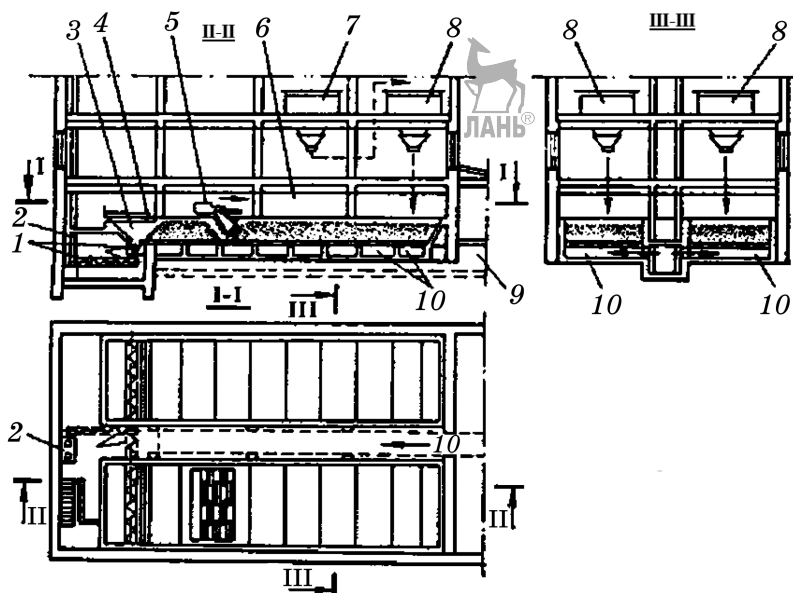


Рис. 3

Солодорастиельный аппарат ящичного типа с передвижной грядкой

Продолжительность проращивания ячменя зависит от ряда факторов: типа солода, сорта ячменя, условий его возделывания и т. п. Для получения светлого солода необходимо 7–9 сут, темного — 5–6 сут. К концу проращивания зерно увеличивается в объеме, цветочная пленка становится прозрачной. Росток не должен выходить за пределы зерна, иначе получают «гусары», и это приводит к увеличению потерь при солодоращении. К концу проращивания эндосперм зерна (солода) должен легко растираться между пальцами в мучнистую массу.

2.4. Сушка солода

Для производства пива свежепросошедший солод необходимо просушить, чтобы придать ему стойкое состояние при хранении, присущий аромат и сохранить высокую ферментативную активность. Сушка также облегчает очистку солода от ростков и придает ему состояние, обеспечивающее хорошее дробление. В процессе сушки в солоде происходят физиологические и биохимические изменения. Выделяют три фазы сушки.

Физиологическая фаза характеризуется повышением температуры солода до 45°С, продолжительность ее 10–12 ч. В это время в зерне еще продолжается рост листка и корешков. Продолжаются гидролитические процессы: идет накопление низкомолекулярных продуктов в результате распада крахмала, белков, липидов и других высокомолекулярных соединений. Влажность солода снижается до 30%.

Ферментативная фаза продолжается 5–7 ч. Температура в течение этого времени возрастает с 45 до 70°C. Фаза характеризуется усилением ферментативных гидролитических процессов, так как пределы оптимальной температуры для активности большинства этих ферментов составляют 40–60°C. В этой фазе прекращаются рост и дыхание зерна. К концу фазы влажность зерна снижается до 10%, и это останавливает ферментативные процессы.

Химическая фаза продолжается 3–4 ч. Температура 70–80°C необходима для приготовления светлого солода. Для темного солода в этой фазе температура значительно выше — 100–105°C. В этих условиях ферменты переходят в неактивное состояние или частично инактивируются. Наблюдается интенсивное взаимодействие аминокислот с моносахарами, при этом образуются меланоидины, которые придают темный цвет, специфический вкус и аромат готовому солоду. Происходит коагуляция белков.

Изменяя параметры факторов, действующих при сушке, получают различные типы солода: светлый, темный, карамельный, жженный. Чтобы получить солод хорошего качества, нужно при сушке соблюдать температуру не более 85°C для светлого солода, 105°C — для темного, 140°C — для карамельного. Технология сушки светлого солода предусматривает быстрое удаление влаги при относительно низких температурах. При таком режиме замедляется дыхание, рост зародыша и сохраняется высокая ферментативная активность солода. При сушке темного солода обеспечивают глубокий гидролиз белков и крахмала для интенсивного накопления сахаров и аминокислот. Это происходит в три этапа: сначала солод выдерживают при температуре 50°C, затем сушат при 70°C и обжаривают при 105°C.

Сушат солод в сушилках горизонтального и вертикального типа. Горизонтальные сушилки для солода бывают непрерывного и периодического действия. Большее распространение получили сушилки периодического действия — одно- и двухъярусные. В них сушка происходит с перерывами на выгрузку сухого и загрузку сырого солода. В сушилке непрерывного действия слой свежепоросшего солода движется навстречу агенту сушки сверху вниз непрерывно или пульсирующим потоком.

2.5. Обработка и хранение сухого солода

Свежевысушенный солод сразу освобождают от ростков, пока ростки еще хрупкие и не увлажнились, иначе будет затруднена их «отбивка». Ростки имеют горький вкус, наличие их в солоде снижает качество пива. Удаляют ростки с помощью росткоотбивной машины (рис. 4).

Росткоотбивная машина состоит из ситчатого барабана, в котором вращаются лопасти. Солод с ростками шнеком 2 подается внутрь барабана, подхватывается лопастями 3 и приводится во вращение. Обработываемая масса соприкасается с внутренней поверхностью барабана, ростки обламываются, проваливаются сквозь отверстия в барабане и удаляются шнеком 1. Очищенные зерна лопастями направляются к противоположному концу машины. Вентилятором 4 отсасывается пыль.

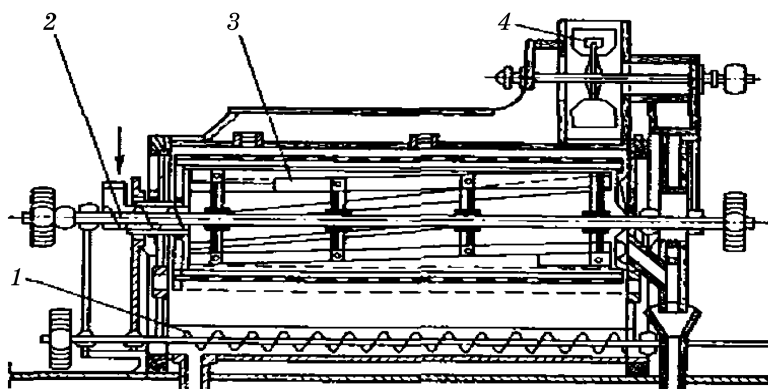


Рис. 4
Росткоотбивная машина

При очистке от ростков солод охлаждается воздухом, циркулирующим в машине, до 20°C. Затем солод поступает на склад для хранения и выдержки. Солод сразу после сушки имеет хрупкую структуру, при его дроблении получается некачественная продукция, что приводит к затруднениям при осахаривании затора и фильтровании сусла. Это отрицательно влияет на качество пива. Перед переработкой свежесушенный солод выдерживают в солодохранилище не менее 30 сут. За время хранения солод увлажняется до 5–6% и теряет хрупкость. Кроме того, при хранении в солоде завершаются физико-химические процессы, увеличиваются амилалитическая активность и содержание белка.

При хранении солода главное условие — не допустить увлажнения. Хранят солод насыпью высотой 3–4 м или в силосах, температура при хранении не выше 20°C. Партии солода различного качества хранят отдельно. Контроль при хранении солода включает определение его влажности и температуры.

2.6. Требования к качеству ячменного солода

Качество ячменного солода нормируется межгосударственным стандартом ГОСТ 29294-2014 «Солод пивоваренный. Технические условия».

Светлый и темный солод должны быть однородной зерновой массой, не содержащей плесневелых зерен и зерновых вредителей. Цвет — от светло-желтого до желтого, не допускаются зеленоватые и темные зерна. Вкус должен быть солодовый, сладковатый, не допускаются посторонние привкусы. Запах — солодовый, более выраженный у темного солода.

По физико-химическим показателям светлый солод делится на три класса: высший, первый и второй; карамельный — на два: первый и второй; темный и жженный солод на классы не разделены.

Влажность у светлого солода высшего класса должна быть не более 4,5%, первого — 5%, второго — 6,0, темного солода не более 5,0%.

Сорная примесь не допускается в светлом солоде высшего класса, а для первого нормируется — не более 0,3%, для второго — 0,5%, для темного — 0,3%. Стандартом ограничено содержание мелких зерен (проход через сито

2,2×20 мм). Для высшего класса светлого солода норма составляет не более 3%, для первого — 5%, для второго класса и темного солода — не более 8%. Солод хорошего качества должен иметь мучную структуру. Количество мучных зерен у светлого солода высшего класса должно быть не менее 85%, первого и второго класса — не менее 80%, у темного солода — не менее 90%.

Один из важнейших технологических показателей — массовая доля экстракта в сухом веществе солода тонкого помола. Для светлого солода этот показатель должен составлять не менее 79%, 78 и 76% по классам соответственно. Для темного солода норма — не менее 74%. Полноту растворения солода характеризует такой показатель, как разница массовых долей экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помола. Требования по этому показателю к светлому солоду для высшего класса составляют не более 1,5%, первого — 2,5%, второго — 4%; для темного солода этот показатель не регламентирован.

В светлом солоде нормируется содержание белка, %, не более: 11,5; 12,0; 12,2 в соответствии с классами. В темном солоде содержание белковых веществ не регламентируется. Для солода высокого качества важным показателем является отношение массовой доли растворимого белка к массовой доле белковых веществ в сухом веществе солода (число Кольбаха). Это определяет степень протеолитического растворения. Нормируется этот показатель только в высшем классе светлого солода: 39–41%. Продолжительность осахаривания лабораторного сусла составляет, не более: 15, 20, 25 мин в соответствии с классами. У темного солода этот показатель не нормируется. Показатель цвета лабораторного сусла зависит от степени растворения и соблюдения режимов сушки солода. Этот показатель выражается в цветовых единицах (ц. ед.) и в единицах ЕВС (условная единица цвета сусла, принятая Европейской пивоваренной конвенцией, вычисляемая на основе измерения оптической плотности сусла).

Для светлого сусла цвет нормируется по классам в следующем порядке: высший — не более 0,20 ц. ед. и не более 3,1 ед. ЕВС; первый — не более 0,30 ц. ед. и не более 3,5 ед. ЕВС; второй — не более 0,40 ц. ед. и 9,7 ед. ЕВС. Для темного солода эти нормы составляют: 0,50–1,30 ц. ед. и 8,1–18 ед. ЕВС. В стандарте также нормируется кислотность сусла только для светлого солода: 0,9–1,1; 0,9–1,2; 0,9–1,3 к. ед. по классам соответственно.

Для карамельного солода первого и второго классов нормируется массовая доля влаги не более 6,0%, жженого — не более 5%. Количество сорной примеси должно быть не более 0,5%. Массовая доля экстракта в сухом веществе карамельного солода должна быть не менее 75% для первого класса и 70% для второго и жженого солода. Для карамельного солода нормируется количество карамельных зерен: не менее 93 и 25% по классам соответственно. Качество лабораторного сусла оценивается по цвету: для первого и второго классов карамельного солода не менее 20 Лн (единица Линтера), для жженого солода — не менее 100 Лн.

Контрольные вопросы

1. Какие этапы включает технология производства солода?
2. Каков принцип работы сортировальной машины?
3. Как влияет крупность зерна на показатели качества ячменя?
4. Какова основная цель замачивания ячменя?
5. Какие дезинфицирующие средства применяют при очистке зерна?
6. Как возрастает объем зерна при замачивании?
7. Дайте определение степени замачивания.
8. Какие факторы влияют на скорость замачивания?
9. Какие способы замачивания вы знаете?
10. Какова основная цель проращивания зерна?
11. Какие требования предъявляются к длине ростка при проращивании зерна?
12. Какие основные ферменты действуют при солодоращении?
13. Какие условия оптимальны для проращивания зерна?
14. Дайте характеристику фазам сушки солода.
15. Каковы особенности сушки темного солода?
16. В каких условиях необходимо хранить солод?
17. Какие требования предъявляются стандартом к солоду по цвету, вкусу и запаху?



ГЛАВА 3 ОЧИСТКА И ДРОБЛЕНИЕ СОЛОДА

3.1. Подготовка солода к измельчению

Полученный после проращивания ячменя солод содержит пыль, остатки ростков, иногда металлические частицы, мелкие камни. Примеси снижают качество пива и могут вызвать изнашивание валцов дробилок.

Для удаления примесей солод пропускают через полировочную машину (рис. 5).

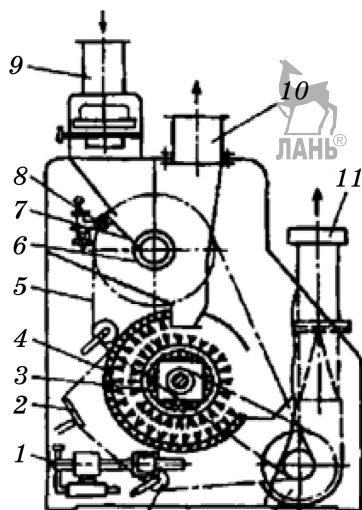


Рис. 5

Солодополировочная машина

Она состоит из наклонных плоских сит, щеточного барабана, вентилятора. Рабочий орган машины — щеточная дека 4 и щеточный барабан 3, который вращается через цепную передачу 5 от электродвигателя. Солод поступает в машину через приемное устройство 9, его количество регулируется заслонкой 8 и питателем 7. Солод, распределяясь валком 6 между декой и барабаном, очищается от пыли, остатков ростков и выводится из машины шнеком 12. Пыль отсасывается по трубопроводу 10. Натяжение цепной передачи регулируют механизмом 13. Удаляют солод из машины по трубопроводу 11.

От металлических примесей солод очищается на магнитных колонках.

3.2. Дробление солода

Солод необходимо дробить для того, чтобы ускорить физические и биохимические процессы растворения эндосперма и переход экстрактивных веществ в водный раствор. Помол должен быть как можно тоньше для того, чтобы увеличить поверхность частиц, на которые действуют ферменты, и в конечном итоге улучшить процесс затиария.

Однако дробление не должно быть слишком тонким. Это приводит к сильному измельчению оболочек, что в дальнейшем снижает процесс фильтрации заторов, а из пленки усиливается поступление горьких, дубильных и зольных веществ, придающих пиву неприятный вкус. При очень тонком помоле ухудшается и осахаривание раствора. Затрудняется также извлечение из дробленого солода экстрактивных веществ. Оптимальное измельчение максимально сохраняет целостность оболочек и обеспечивает высокий выход мелкой однородной крупки. Это способствует достаточно высокому выходу экстрактивных веществ и обеспечивает высокую скорость фильтрации заторов. Определенную роль играют оболочки — они создают фильтрующий слой в дальнейших технологических операциях.

Эндосперм солода неоднороден по структуре. Нижняя часть, которая примыкает к зародышу, более рыхлая, а верхняя — более плотная и менее подвержена растворению при солодоращении. Нижняя часть зерна при дроблении превращается в муку или мелкую крупку, а верхняя — в крупную крупку. Таким образом, дробленый солод состоит из смеси шелухи (оболочки), крупной и мелкой крупки и муки. Эти фракции дают различный выход экстрактивных веществ. Самая большая экстрактивность у мелкой крупки и муки.

Солод дробят в сухом или увлажненном виде. Для дробления сухого солода применяют четырех- или шестивальцовые дробилки.

Рабочие органы четырехвальцовой дробилки: две пары валцов и вибрирующее сито (рис. 6).

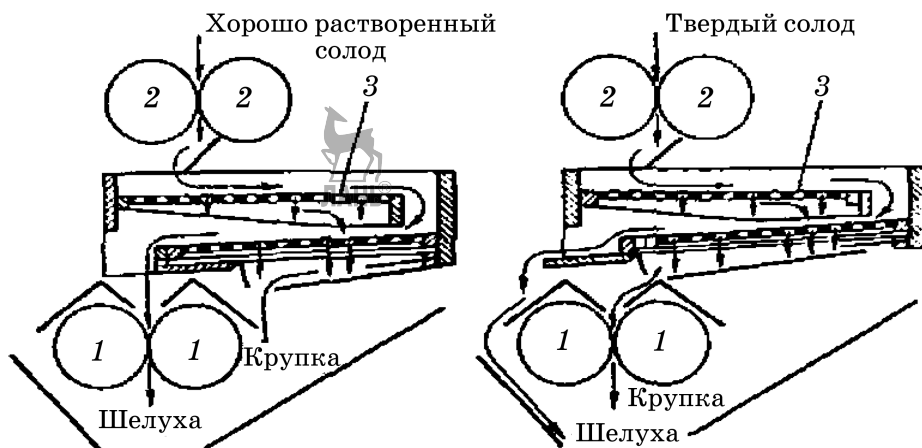


Рис. 6
Четырехвальцовая солододробилка

1 и 2 — две пары валцов; 3 — плоские сита.

Солод, измельченный на первой паре валцов, поступает на сито, через которое проходом идет крупка и мучка. Сход с сита — шелуха и шелуха с остатками неотделенного эндосперма — подается на вторую пару валцов, где эндосперм окончательно отделяется от оболочки. При повторном измельчении на нижней паре валцов содержание мелкой крупки и муки достигает оптимального значения.

Шестивальцовая дробилка (рис. 7) лучше измельчает солод, что обеспечивает наибольший выход экстракта. На верхней паре валцов 8 производится предварительное дробление солода, затем смесь попадает на колеблющиеся сита 6. Первыми ситами 9 и 10 солод разделяется на три фракции: мука проходит сквозь сита и по плоскостям 7 и 5 направляется в бункер; крупка остается на сите 10 и затем поступает на вторые сита 12; с верхнего сита 9 сход (оболочки с частицами эндосперма и более легкие частицы) идет на вторую пару валцов 11. Смесь, размолотая повторно, разделяется на ситах 12 на три фракции: чистая шелуха по ситам 4 уходит в бункер, крупная крупка проходит через сито 4, соединяется с крупкой, полученной с первой пары валцов, и направляется на третью пару валцов 2, имеющих разделительную перегородку 3. Мелкая крупка и мука проходят сквозь сито 13 и по плоскости 14 направляются в бункер. Для отбора проб дробленого солода имеется выдвижной лоток, установленный в желобе 1.

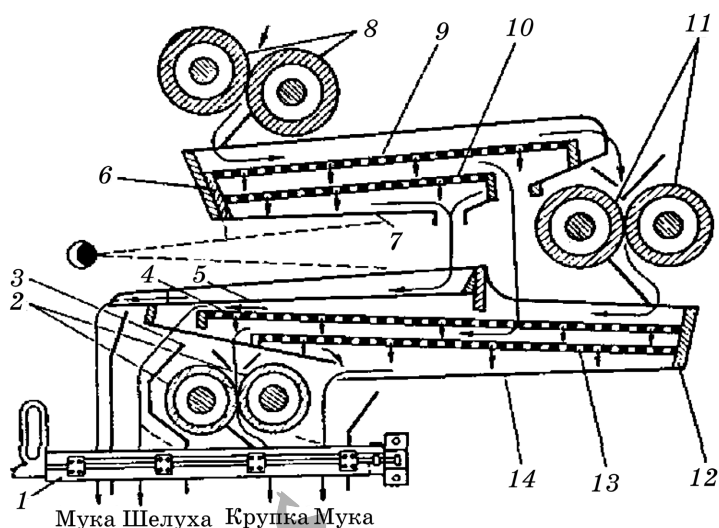


Рис. 7
Дробилка шестивальцовая

Мокрый помол солода происходит в специальных мельницах (рис. 8). Над мельницей установлен бункер 3, в нем увлажняют солод водой, подаваемой через распределительное кольцо 4. Мельница имеет два рабочих рифленых вальца 6, питающий валик 2 и дисковые валики 9. Очищенный солод загружают в бункер, через кольцо 4 подают туда воду, температура воды 35–50°C. Одновременно включают насос 1 и вальцы 6. Как только количество воды достигнет 75 дм³ на 100 кг солода, подачу ее прекращают и в течение некоторого времени (около 20 мин) насосом перекачивают воду по замкнутому направлению: из корпуса мельницы в бункер. Затем воду перекачивают в заторный аппарат, вальцы и насос отключают. Замоченный солод подается на вальцы 6 вращающимся питательным валиком 2. Одновременно с пуском валика начинают вращаться вальцы 6, через вентиль 8 подается теплая вода для орошения размолотого солода и включаются в работу дисковые валики 9, которые отделяют обо-

лочки от мучнистых частиц солода. Дробленый солод выгружается в бункер, расположенный над заторным аппаратом. При использовании одновременно с солодом несоложенного сырья применяют специальные машины для его измельчения. Ячмень, пшеницу и рис дробят на двухвалцовом станке с нарезными вальцами, которые вращаются навстречу друг другу с разной скоростью. Для измельчения кукурузы применяют молотковые дробилки.

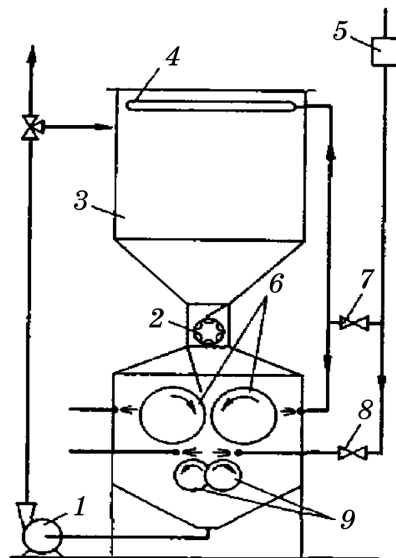


Рис. 8

Мельница для мокрого помола солода

3.3. Контроль работы дробильного отделения

Постоянно проводится визуальный контроль помола. Это выявляет неполадки в работе дробилок (нет ли целых зерен, не слишком ли измельчается оболочка). Качество дробления определяют путем рассева помола на наборе специальных сит: первое — 1,25 мм; второе — 1 мм; третье — 0,56 мм. На верхнее сито помещают навеску 100 г и размещают набор сит в специальный рассев. На первом сите остается шелуха (оболочка), на втором — крупная крупка, на третьем — мелкая крупка. В поддоне собирается мука.

Оптимальный состав помола: шелуха (оболочка) — 15–18%; крупная крупка — 18–22%; мелкая крупка — 30–35%; мука — 25–35%.

Солод измельчается в дробильном отделении. Это помещение должно быть изолировано от других помещений завода и снабжено пылеуловительной системой, так как оно относится к разряду взрывоопасных (из-за мучной пыли). Измельчающие машины должны заземляться, чтобы не допустить возникновения статического электричества от трения продукта о сита и вальцы. Для снятия статического электричества с людей перед входом в дробильное отделение укладывают металлический настил, присоединенный к заземлению. Во время работы нельзя допускать образования электрической искры, зажигать спички. В отделении нужно иметь пылеочистительные установки.

Контрольные вопросы

1. Назовите этапы очистки солода.
2. Для чего необходимо дробить солод?
3. На что влияет очень тонкий помол солода?
4. Из каких компонентов состоит солод?
5. Принцип работы четырехвальцовой дробилки.
6. Как осуществляют мокрый помол солода?
7. На каких ситах проводят контроль дробления солода?
8. Какие требования предъявляются к помещению для дробления солода?



ГЛАВА 4 ЗАТИРАНИЕ

4.1. Процессы, протекающие при затирании

Затирание представляет собой процесс смешивания дробленых зернопродуктов с водой, нагревание и выдержку полученной смеси при определенном температурном режиме. Цель этого процесса — экстрагирование растворимых веществ солода и несоложенного сырья, превращение под действием ферментов нерастворимых веществ в растворимые и перевод их в раствор. Вещества, перешедшие в раствор, называют *экстрактом*.

Затирание происходит в три стадии: 1 — смешивание измельченных зернопродуктов с водой; 2 — нагревание; 3 — выдерживание смеси при определенной температуре.

Смесь дробленых продуктов с водой называют *затором*. При смешивании дробленого сырья с водой (1-я стадия) в раствор переходит лишь 15–20% общего количества экстрактивных веществ. Это в основном сахара, растворимые белки, продукты их распада, а также пентозаны, ферменты, пектины, горькие и дубильные вещества. Основные же компоненты зернопродуктов (крахмал и белки) нерастворимы. Для их растворения необходимо действие ферментов, активация которых происходит только при оптимальных температурных условиях.

Ферментативный гидролиз крахмала. Крахмал состоит из смеси двух полисахаридов: амилозы (20–30%) и амилопектина (70–80%), которые имеют различную структуру связей остатков глюкозы. Амилоза имеет структуру связей глюкозных остатков в длинные цепи. У амилопектина более сложная структура — к основной цепи присоединяются боковые связи глюкозных остатков.

При затирании создаются благоприятные условия для гидролиза крахмала, а именно: механическое разрушение структуры крахмальных зерен, повышенная температура, наличие избытка воды. Поэтому степень гидролиза увеличивается по сравнению со степенью гидролиза при солодоращении в 10–15 раз.

Гидролиз крахмала происходит в три стадии: клейстеризация, разжижение, осахаривание.

Клейстеризация происходит при нагревании крахмала с водой. При этом зерна увеличиваются в объеме в 60–100 раз. Оболочка зерен крахмала разрывается, и образуется вязкий гель — клейстер. Клейстеризованный крахмал легче подвергается действию ферментов, чем неклестеризованный. Процесс клейстеризации протекает ступенчато в связи с различием в размерах отдельных крахмальных зерен. Крупные зерна клейстеризуются лучше, чем мелкие. Температура клейстеризации ячменного крахмала 75–80°C. Разжижение крахмального клейстера происходит под действием фермента α -амилазы, которая разрывает длинные цепи крахмала на более короткие. При этом резко снижается вязкость клейстера.

Осахаривание. Это процесс расщепления крахмала до сахаров и низкомолекулярных веществ — декстринов. Осахаривание происходит под действием солодовых амилаз, основные — α - и β -амилазы. При этом α -амилаза гидролизует

ет амилозу до мальтозы и небольшого количества глюкозы, а амилопектины — до низкомолекулярных декстринов и мальтозы. Оптимальная температура действия фермента 70–75°C. β -амилаза действует на амилозу, образуя в основном мальтозу. Под действием β -амилазы на амилопектин образуется мальтоза и высокомолекулярные β -декстрины, которые в дальнейшем гидролизуются α -амилазой до низкомолекулярных. Оптимальная температура действия фермента 60–65°C.

Процесс осахаривания контролируют по йодной реакции. Начальные продукты гидролиза крахмала — *амилодекстрины* — окрашиваются йодом в синий и фиолетовый цвета. Затем образуются *эритродекстрины*, которые окрашиваются йодом в красно-бурый цвет, и далее образуются *ахродекстрины* и *мальтодекстрины*, которые йодом не окрашиваются. В пивном сусле не должно быть амило- и эритродекстринов, а ахро- и мальтодекстрины создают полную вкуса и пенистость пива. Под действием амилаз практически весь крахмал сырья должен осахариться.

Гидролиз белковых веществ. Белки представляют собой полимеры, которые состоят из остатков аминокислот, соединенных пептидной цепью.

Продукты гидролиза белков влияют на органолептические свойства пива, его стойкость и необходимы дрожжам для питания.

Из общего количества белка, содержащегося в солоде, примерно 35% переходит в сусло. Более половины этого количества уже находится в солоде в растворенном состоянии. При смешивании дробленого зерна с водой в раствор переходит водорастворимый ячменный альбумин-лейкозин. Растворяется и глобулин-эдестин, так как затор содержит достаточное количество солей. Переходят в раствор также полипептиды и аминокислоты, образовавшиеся в процессе солодоращения. Данные продукты не выделяются из раствора во время кипячения и называются «стойко растворимыми белками». Настоящие же белки во время кипячения коагулируют. Другая половина белковых веществ переходит в сусло под действием протеолитических ферментов.

На гидролиз белковых веществ при затирании значительное влияние оказывают температура, pH, концентрация затора и продолжительность затирания. Температура 50°C является оптимальной для распада белков при затирании. Но затор оказывает защитное влияние на ферменты, поэтому и при температуре 60°C все еще идет активный гидролиз белков. Однако при высоких температурах получают более сложные продукты распада белков.

Гидролиз белка активнее протекает в кислой среде, поэтому подкисление заторов интенсифицирует этот процесс. Распад белка идет активнее в концентрированных заторах, что связано с уменьшением их pH. Влияет на гидролиз белка и длительность затирания. С увеличением продолжительности процесса в сусле возрастает содержание общего количества белковых веществ, причем активно образуются низкомолекулярные продукты распада.

Гидролиз некрахмальных полисахаридов. Эти вещества представлены целлюлозой, пектиновыми веществами, гемицеллюлозой и гумми-веществами.

Целлюлоза при затирании практически не изменяется и полностью переходит в дробину. Пектиновые вещества не играют существенной технологиче-

ской роли. Практический интерес представляют гемицеллюлозы и гумми-вещества. Гемицеллюлозы не растворяются в воде, но хорошо растворяются в разбавленных щелочах. Гумми-вещества водорастворимы и рассматриваются как продукты расщепления гемицеллюлоз. Гемицеллюлозы и гумми-вещества имеют сходный химический состав и состоят из гексозанов и пентозанов. Основной гексозан — полисахарид β -глюкан. В гумми-веществах различных злаков содержится до 85% β -глюкана. Гемицеллюлоза бывает двух типов — мякинная и эндосперменная. Мякинная гемицеллюлоза находится в оболочке зерна и содержит лишь 6% β -глюкана, а гемицеллюлоза, входящая в состав клеточных стенок эндосперма, — 77%.

Пентозаны имеют ветвистое строение и состоят из остатков пентоз — ксилозы и арабинозы, а также небольшого количества галактуриновой кислоты. Основной пентозан — арабиноксилан.

Гидролиз некрахмальных полисахаридов, входящих в состав клеточных стенок эндосперма, — цитолиз — осуществляется комплексом цитолитических ферментов, называемым цитазой. Цитаза является термолабильным ферментом и почти полностью инактивируется при сушке солода. Поэтому цитолиз протекает в основном при солодоращении.

Однако гидролиз некрахмальных полисахаридов идет и при затирании. Максимальная активность цитазы наблюдается при температуре 40–45°C и pH 4,5–4,8. Поэтому при переработке солода недостаточного растворения необходимо проводить выдержку затора при низких температурах с целью осуществления цитолиза. Улучшению распада некрахмальных полисахаридов способствует также подкисление заторов.

Неферментативные процессы при затирании. При затирании активно протекают и неферментативные процессы: экстракция растворимых веществ, коагуляция белков, образование меланоидинов, взаимодействие солей воды с веществами солода, окислительные процессы.

Важную технологическую роль играет процесс выщелачивания из оболочек зерна горьких и дубильных веществ. Чем продолжительнее процесс затирания, тем больше накапливается в сусле горьких и дубильных веществ, что негативно отражается на вкусе и цветности пива. Процесс экстракции усиливается при использовании щелочных вод и протекает менее интенсивно при подкислении заторов. При высоких температурах идут реакции меланоидинообразования. Меланоидины придают пиву специфический вкус и повышают его цветность.

Протекают также окислительные процессы: окисляются полифенольные вещества, ненасыщенные жирные кислоты с выделением продуктов, что неблагоприятно влияет на качество пива. Поэтому при затирании нельзя допускать негативного влияния кислорода.

4.2. Способы затирания

Приготовление заторов требует большого количества пара и электроэнергии. Поэтому при выборе способа затирания нужно учитывать не только процессы получения высококачественного сусла, но и затраты на них. Приготовле-

ние заторов происходит в варочном отделении. Это основная часть пивоваренного завода. Рядом с варочным помещением должно находиться помещение для охлаждения и осветления сусла, а также бродильное отделение.

Для приготовления заторов используют заторные аппараты (рис. 9). Различают агрегаты с двумя, четырьмя и шестью аппаратами. Типовой заторный аппарат состоит из стального цилиндрического корпуса 1 со сферическим днищем и крышкой. Для обогрева паром имеется паровая рубашка 3, есть термоизоляция 2. Через патрубок 6 в аппарат поступает смесь дробленого солода и теплой воды. С помощью мешалки 4 затор интенсивно перемешивается. Для проведения отварок часть затора отбирается через заборную трубку 7 во второй заторный аппарат для кипячения. Возврат отварок происходит через патрубок 9. Готовый осахаренный затор выводится из аппарата через патрубок 10.

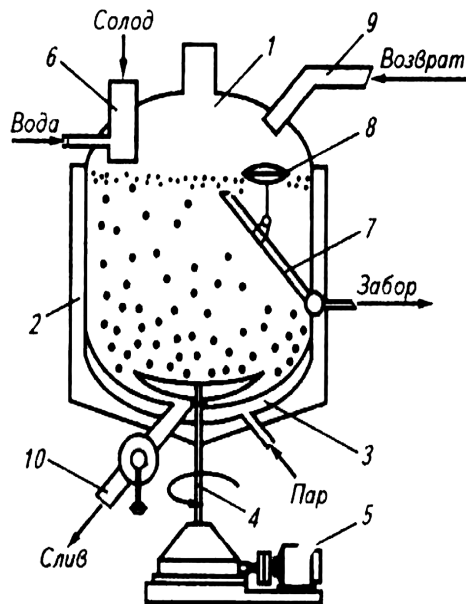


Рис. 9
Заторный аппарат:

1 — корпус; 2 — термоизоляция; 3 — паровая рубашка; 4 — пропеллерная мешалка; 5 — привод мешалки; 6, 9 и 10 — патрубки загрузки, возврата, сливной; 7 — заборная трубка; 8 — поплавок.

Различают способы затиранья: *настойный* и *отварочный*. При настойном способе затор подвергается только ферментативному воздействию без кипячения. Так как кипячение прекращает действие ферментов, то настойный способ наиболее полно использует действие ферментов сырья. В результате получается высококачественное сусло.

Настойные способы отличаются от отварочных более коротким сроком, незначительным (пониженным) расходом пара и электроэнергии. Основной недостаток этого способа — отсутствие кипячения затора, что приводит к понижению выхода экстрактивных веществ. Настойные способы требуют примене-

ния высококачественного солода. Эти способы лучше использовать для получения пива верхового брожения. Они менее распространены, чем отварочные. Чаще всего их используют на пивоваренных мини-заводах.

Применяют два вида настойных способов:

- 1) с понижающейся температурой;
- 2) с повышающейся температурой.

При способе с *понижающейся* температурой в заторный аппарат набирают воду с температурой 75–80°C и засыпают дробленый солод. Затор перемешивают 15 мин и оставляют в покое на 1 ч для осахаривания. Затем отправляют на фильтрование. Этот способ требует применения солода с повышенной амилитической активностью.

При способе с *повышающейся* температурой солод смешивают с водой температурой 43–45°C и далее идет следующий режим: 43–45°C (30 мин), 50–52°C (30 мин), 63°C (30 мин), 70°C (30 мин), 72°C (до полного осахаривания), нагрев до 78°C и отправка на фильтрование. Скорость подогрева затора 1°C в 1 мин.

Отварочный способ затирания — это кипячение отдельных частей затора (отварок) и последующее их смешивание с некипяченой частью. Температура всего затора повышается до 75°C. Цель такого способа — улучшение разваривания и клейстеризации, что позволяет получить более высокий выход экстрактивных веществ. Эти способы более длительны, чем настойные, и более энергозатратны.

Наиболее распространен двухотварочный способ затирания. Используются два заторных аппарата. Для проведения отварок часть затора отбирается через заборную трубку заторного аппарата в другой заторный аппарат для кипячения. Возврат отварок в первый заторный аппарат происходит через патрубок.

При двухотварочном способе затирания процесс следующий. Солод смешивают с водой температурой 54–56°C. Температура затора становится 50–52°C. При этой температуре затор выдерживают 15–30 мин. Затем отбирают 1/3 часть густого затора (первая отвarka) и проводят его затирание по режиму: 63°C (15–30 мин), 70°C (20–30 мин), 100°C (15–30 мин). Продолжительность кипячения определяется качеством перерабатываемого солода. Отварку медленно возвращают. Температура всего раствора становится 62–63°C. Выдерживают затор 10–15 мин и вновь отбирают 1/3 часть затора (вторая отвarka). Затирают отварку по режиму: 70°C (20 мин), 100°C (10–20 мин), затем отварку возвращают. Температура затора становится 70°C, выдерживают затор при этой температуре 30 мин, подогревают до 72°C, доводят до полного осахаривания, подогревают до 78°C и отправляют на фильтрование.

При выборе того или иного способа затирания учитывается качество перерабатываемого солода.

Если на затирание поступает солод, по всем показателям удовлетворяющий требованиям стандарта, то в этом случае способ выбирается исходя из возможности сокращения его продолжительности и снижения затрат пара и электроэнергии. При поступлении солода с пониженным содержанием экстрактивных веществ применяются многоотварочные способы затирания. При пере-

работке высокобелкового солода при затирании создают условия для более глубокого расщепления белковых веществ. С этой целью затирание проводят постепенно, начиная при низких температурах. Это способствует интенсификации гидролиза белка.

Низкотемпературное затирание используют и в случае переработки солода недостаточного растворения. При этом также усиливают интенсивность разваривания солода — увеличивают продолжительность кипячения отварок. Эффективно также внесение в затор цитолитических ферментных препаратов.

При переработке солода с повышенным содержанием стекловидных зерен используют более тонкий помол, а также усиливают интенсивность разваривания.

Контроль процесса затирания происходит за температурой, длительностью отдельных периодов, полнотой осахаривания. Автоматический контроль проводится за температурой и продолжительностью отдельных периодов.

Полноту осахаривания проверяют йодной пробой: на фарфоровой пластине смешивают каплю затора с каплей стандартного раствора йода. Если окраска йода не изменяется, значит, произошло полное осахаривание затора.

4.3. Подкисление затора

Это мероприятие особенно необходимо проводить для предприятий, работающих на жесткой воде. Подкисление затора имеет большое значение при получении светлых сортов пива, так как сусло после подкисления становится светлее. Подкисление затора способствует переходу экстрактивных веществ зернового сырья в сусло и улучшает вкусовые свойства пива.

Затирание преследует цель — снизить pH затора до оптимальной величины, равной 5,3–5,5, при которой ферментативные процессы проходят более активно, чем при высокой величине pH. Концентрация водородных ионов влияет на процессы затирания и коагуляцию белков при кипячении. Она способствует осветлению сусла и пива, увеличивает выход экстракта.

Наиболее простой и распространенный способ подкисления затора — добавление молочной кислоты из расчета 0,06–0,09% к массе затираемого сырья в пересчете на 100%-ную кислоту. Отмеренное количество молочной кислоты разбавляют двумя-тремя частями воды. Разбавленную кислоту медленно вливают в заторный котел при работающей мешалке. Периодически определяют pH затора и в зависимости от результатов изменяют дозировку кислоты. Добавление молочной кислоты повышает активность ферментов, увеличивает выход экстракта, уменьшает извлечение горьких и ароматических веществ оболочки, улучшает коагуляцию белков при кипячении, повышает качество пива.

Подкислить затор можно также добавлением сульфата кальция — гипса (гипсование затора). Сульфат кальция взаимодействует с карбонатами и щелочными фосфатами, и pH затора сдвигается в кислую сторону. Расход гипса определяют исходя из содержания гидрокарбонатов в воде из расчета на 1 г CaO 3,07 г $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$. Рассчитанное количество гипса засыпают в заторный котел в начале затирания. Гипсование затора также повышает выход экстракта и улучшает качество сусла и пива.

Контрольные вопросы

1. Какова цель процесса затираания?
2. Назовите стадии затираания.
3. Дайте характеристику процессу клейстеризации крахмала.
4. Как контролируют этапы осахаривания крахмала?
5. Какие факторы влияют на гидролиз белковых веществ?
6. Как влияют меланоидины на вкус и качество пива?
7. В чем суть настойного способа затираания? Каковы его недостатки?
8. В чем состоит преимущество отварочного способа затираания?
9. По каким параметрам контролируют процесс затираания?
10. Для каких сортов пива большое значение имеет подкисление затора?



ГЛАВА 5

ФИЛЬТРОВАНИЕ ЗАТОРА.

КИПЯЧЕНИЕ И ОСВЕТЛЕНИЕ СУСЛА

5.1. Фильтрация затора

Заторная масса (смесь дробленых продуктов с водой) состоит из двух фаз: нерастворенных частей дробленого солода (дروбины) и жидкой фазы, т. е. водного раствора экстрактивных веществ (сусла). Задача фильтрации — отделить пивное сусло от дробины. Но дробина задерживает большое количество экстракта, его нужно извлечь промыванием дробины горячей водой (выщелачиванием), т. е. процесс фильтрации делится на две стадии, сначала отфильтровывается основное сусло, а затем вымывается экстракт, задержанный дробинкой. Фильтруют заторную массу на фильтрационных аппаратах (рис. 10), представляющих собой цилиндрический сосуд с плоским дном и сферической крышкой. В крышке имеется труба для удаления пара. В фильтрационном аппарате имеется разрыхлитель 3 для рыхления дробины при промывании ее водой и для выгрузки дробины из аппарата. Разрыхлитель — это мешалка с вертикальными поворотными ножами с приводом от электродвигателя через редуктор 6 и коробку скоростей 5. Разрыхлитель имеет две скорости вращения: для рыхления и для выгрузки дробины, он может подниматься и опускаться с помощью насоса 4 и гидравлического подъемника 7. Для равномерного орошения дробины горячей водой над разрыхлителем установлено сегнерово колесо 2. Фильтрованное сусло отводится из аппарата по трубкам 9, на них установлен фильтрационный кран 8. На фильтрационном аппарате имеется регулятор давления 1.

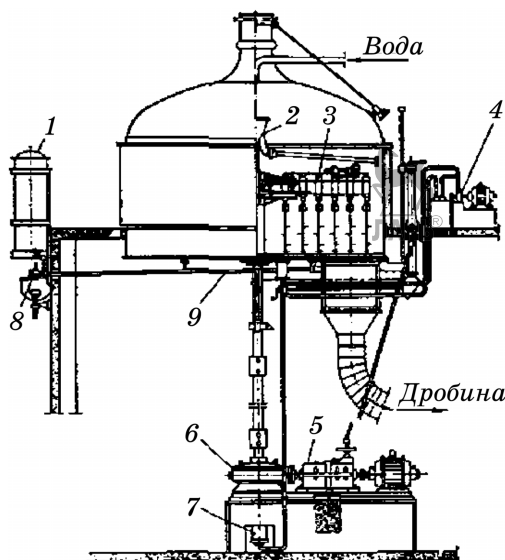


Рис. 10
Фильтрационный аппарат

Первая фаза фильтрования — это перекачка затора в фильтрационный аппарат, здесь он отстаивается для формирования фильтрующего слоя (30–40 см). Далее начинают фильтрование. Первое мутное сусло отправляют снова в фильтр-аппарат. После окончания фильтрования первого сусла дробину разрыхляют и промывают водой температурой 78–80°C. Окончание промывания устанавливают по содержанию сухих веществ в промывной воде (норма 0,5%). Дальнейшее промывание нецелесообразно, так как из дробины начинают извлекаться горькие и дубильные вещества, придающие суслу неприятный запах и вкус.

5.2. Кипячение сусла с хмелем

Цель этого процесса — стабилизация состава сусла и ароматизация его хмелем. При кипячении сусло уваривается до нужной концентрации (для каждого сорта пива своя концентрация). Кроме этого, происходит прекращение активности ферментов (инактивация), коагуляция белков и стерилизация пива. Аромат сусло приобретает в результате растворения в нем составных частей хмеля и химического взаимодействия между сахарами и продуктами распада белков (реакция меланоидинообразования). Разрушение действия ферментов и стерилизация сусла нужны для обеспечения чистого брожения и получения стойкого продукта.

Для кипячения применяют сусловарочные аппараты. Они имеют ту же конструкцию, что и заторный аппарат (рис. 11). Это стальной цилиндрический сосуд с паровой рубашкой, крышкой и вытяжной трубой. На крышке и вытяжной трубе имеются раздвижные дверцы 7, кольцевая труба 2 для ополаскивания водой, кольцевые желоба 5, 3, труба 4 для сбора и отвода конденсата, а также клапан 6. В нижней части аппарата установлена лопастная мешалка 12, она приводится в движение от электродвигателя 9 через редуктор 10. Имеется вентиль 8 для спуска сусла и кольцевая труба 11 для отвода конденсата из паровой рубашки. Пар в паровую рубашку поступает через паропровод 1. Аппарат закрыт теплоизоляционным слоем 13.

Хмель вводят в сусло в различном виде: целыми шишками, в виде хмелевых экстрактов или молотого брикетированного хмеля. Вводят в два или три приема. Нормы расхода хмеля от 20 до 60 г на 1 дал (декалитр = 10 л). Норма хмеля зависит от типа и сорта пива, а также от содержания в хмеле α -кислоты.

При поступлении в сусловарочный котел первого сусла его подогревают до 70–75°C. Эта температура сохраняется до конца промывания дробины. При такой температуре еще работают ферменты — идет осахаривание крахмала. Кипячение начинается только после заполнения сусловарочного аппарата. В начале варки недопустимо сильное вспенивание, а в конце должно быть достаточно хорошее образование хлопьев свернувшихся белков. Процесс кипячения длится около 2 ч. Норма испаряемой воды в час — 5–6%. Окончание кипячения контролируют по содержанию сухих веществ в сусле, наличию крупных хлопьев свернувшихся белков и прозрачного сусла. Следующий после кипячения процесс — отделение хмелевых частей. Это происходит в хмелеотделителе (рис. 12), который расположен обычно под сусловарочным котлом.

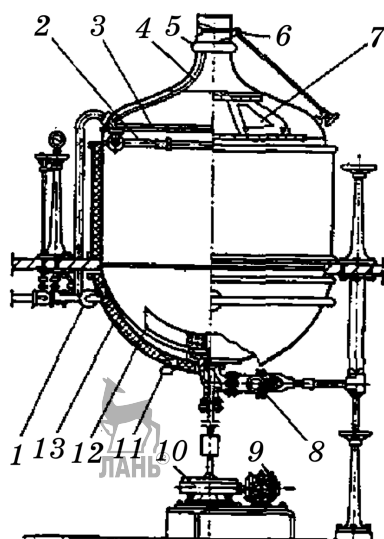


Рис. 11
Сусловарочный аппарат

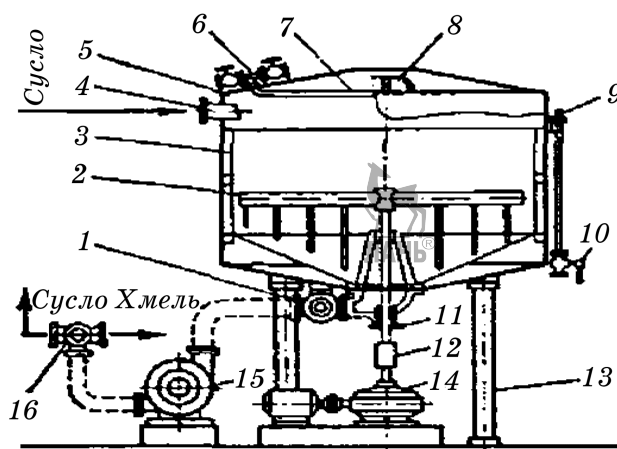


Рис. 12
Хмелеотборный аппарат

Хмелеотделитель представляет собой цилиндрический сосуд 5, который имеет коническое дно и крышку с люком 8. Установлен аппарат на стойках 13. Мешалка 2 приводится в движение от привода 14 через муфту 12. Сальник 11 обеспечивает герметичность корпуса при вращении вала мешалки. Кран 1 обеспечивает поочередной спуск из аппарата профильтрованного сусла и хмелевой дробины. На аппарате имеется смеситель 6, ороситель для воды 7, указатель уровня 9 и кран для отбора проб 10.

Освобождение сусла от хмеля происходит в следующем порядке. Сусло самотеком поступает в хмелеотделитель через штуцер 4. Хмелевая дробина задерживается на сите 3, а сушло проходит через сито и насосом 15 через разгрузочный кран 1 и распределительный кран 16 перекачивается в установку охла-

ждения и осветления. В хмелевой дробине остается еще немного сусла, поэтому ее промывают горячей водой, которую присоединяют к суслу. Затем аппарат заполняют водой, смешивают с хмелевой дробинкой и смесь удаляют насосом 15 в отходы. Вместе с хмелевой дробинкой удаляется большая часть скоагулировавших белков.

Требования, предъявляемые к качеству сусла, следующие: сусло должно быть осахаренным, содержать достаточное количество азотистых веществ, необходимых для работы дрожжей, иметь правильное сочетание сахаров и несакхарных веществ. pH сусла должно быть не более 5,8. Оптимальной экстрактивностью сусла для сбраживания считается 10–12%.

5.3. Охлаждение и осветление сусла

В процессе охлаждения и осветления сусло подготавливается к сбраживанию. В горячем сусле нет кислорода, что препятствует работе дрожжей. Здесь есть и грубые взвеси, образовавшиеся при кипячении сусла с хмелем, и это отрицательно влияет на процесс сбраживания. При охлаждении сусло насыщается кислородом и осаждаются взвешенные частицы. Хорошо осветленное сусло обеспечивает хорошее качество пива.

Охлаждение сусла происходит в отстойных аппаратах (рис. 13).

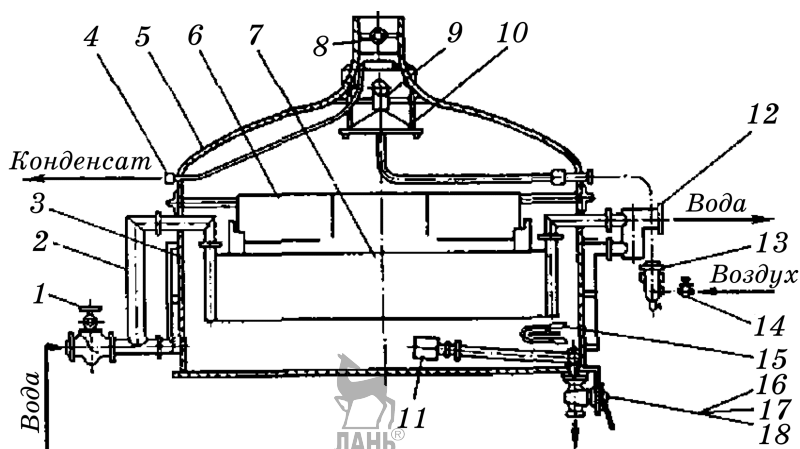


Рис. 13
Отстойный аппарат

Отстойный аппарат представляет собой стальную цилиндрическую емкость 3 с рубашкой для охлаждения, со сферической крышкой 5 и плоским наклонным днищем. На крышке имеется пароводный патрубок 8 и трубка 4 для отвода конденсата. Сусло поступает в аппарат через патрубок 9. Внутри аппарата имеется охлаждающая секция 7, она заполняется водой через вентиль 1 и коллектор 2, отводится вода через коллектор 12. Распределительный желоб 6, над которым находится конусный зонт 10, обеспечивает получение тонкого слоя сусла, стекающего по стенкам секции. Одновременно под конус через вентиль 14 и фильтр 13 под давлением подается стерильный воздух для аэрации сусла. В нижней части аппарата на днище имеются три крана: 16 — для спуска

белкового отстоя, 17 — для спуска промывных вод, 18 — для регулирования спуска осветленного сусла.

Процесс охлаждения включает две стадии. На первой стадии сусло в отстойных аппаратах охлаждают до 60°C и отстаивают 1,5–2 ч для осаждения грубых взвесей, т. е. охлаждение идет медленно. В то же время нельзя допускать температуры ниже 60°C , иначе есть опасность развития микроорганизмов. Вторая стадия — быстрое охлаждение до температуры $6\text{--}16^{\circ}\text{C}$ в специальных холодильниках — теплообменниках. В зависимости от дальнейшей технологии брожения сусло охлаждают до $6\text{--}7$ или до $14\text{--}16^{\circ}\text{C}$.

После первой стадии охлаждения и отстаивания удаляются в основном грубые взвеси размером $30\text{--}80$ мкм. Мелкие взвеси размером $0,5$ мкм (тонкий осадок) окончательно выделяются во второй стадии брожения. Тонкого осадка содержится в сусле всего $0,04\text{--}0,05\%$. Но его влияние на приготовление пива значительно. Этот осадок затрудняет процесс сбраживания, так как покрывает поверхность дрожжевых клеток. Из-за этого в пиве возникает помутнение, которое трудно устраняется. Удаляют тонкий осадок, т. е. осветляют сусло, обычно в центробежных аппаратах. Основной рабочий орган сепаратора — барабан, в котором установлен тарелкодержатель с набором конических тарелок. Мутное сусло поступает в барабан через внутреннюю полость тарелкодержателя. Взвешенные частицы под действием центробежной силы отбрасываются, а осветленное сусло выводится из сепаратора.

Схематически принцип работы суслового сепаратора представлен на рисунке 14.

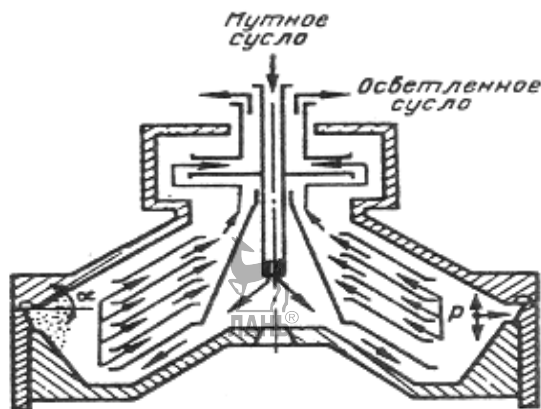


Рис. 14

Схема работы сепаратора-осветлителя

Для охлаждения сусла до начальной температуры брожения применяют теплообменники. Наиболее распространенным является пластинчатый теплообменник (рис. 15).

Пластинчатый теплообменник состоит из тонких стальных пластин 7–11, которые устанавливаются на штангах 3 с помощью винта 6 и плиты 4 так, что между каждой парой пластин образуется пространство, по которому протекает жидкость.

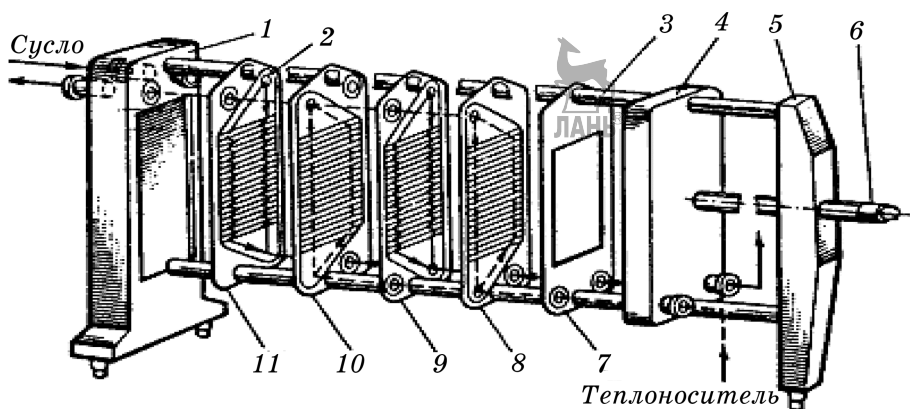


Рис. 15
Пластиначый теплообменник:

1, 5 — стойки; 2 — канал для подачи сусла; 3 — штанга; 4 — плита; 6 — винт; 7 — канал для хладагента; 7–11 — пластины.

Уплотнение пластин создается с помощью резиновых прокладок. Пластины собираются таким образом, что образуются две системы каналов: канал для охлаждаемого продукта 2 и канал для хладагента 7. Потoki продукта и теплоносителя чередуются таким образом, что теплообмен у каждого из них происходит с обеих сторон через две пластины.

Пластиначые теплообменники отличаются большой поверхностью теплопередачи, процесс охлаждения в них идет быстро и эффективно.

Осветленное и охлажденное сусло перекачивают в бродительное отделение пивоваренного завода.

Контрольные вопросы

1. Какова задача фильтрования затора?
2. Какова цель процесса кипячения сусла с хмелем?
3. В результате каких процессов сусло приобретает аромат?
4. В каком виде вводят хмель в сусло?
5. Какова продолжительность процесса кипячения сусла с хмелем?
6. Как происходит отделение хмелевых частей от сусла?
7. Какие требования предъявляют к качеству сусла после кипячения?
8. Какие стадии включает процесс охлаждения сусла?
9. В каких машинах освещают сусло?
10. Какое оборудование применяют для охлаждения сусла?

ГЛАВА 6

БРОЖЕНИЕ ПИВНОГО СУСЛА

Пиво получают в результате деятельности дрожжей. Дрожжи представляют собой одноклеточные организмы, они относятся к классу сумчатых грибов. Основа дрожжевой клетки — цитоплазма, в которой и происходит спиртовое брожение. Размеры дрожжевых клеток зависят от их возраста, а также от состояния сусла. Большинство из них имеют длину 9–11 мкм и ширину 5–7 мкм. В сухом веществе дрожжей содержатся белки, углеводы, жиры, минеральные вещества. Большую роль в обмене веществ дрожжевых клеток играют фосфорные соединения — они входят в состав промежуточных продуктов спиртового брожения. Дрожжи содержат витамины группы В, эргостерин (провитамин D), а также различные ферментные системы, участвующие в процессах брожения и дыхания.

После введения дрожжей в сусло происходят их качественные и количественные изменения. Увеличение числа клеток характеризует их рост или размножение. В пивном сусле дрожжи размножаются почкованием — материнская клетка образует почку, которая вырастает в дочернюю клетку.

Размножение дрожжей в пивном сусле происходит в несколько этапов. В начальной фазе дрожжи приспосабливаются к новой среде и готовятся к размножению. В это время клетки увеличиваются в объеме, удлинняются, увеличивается количество почкующихся клеток. Следующая фаза характеризуется наибольшей скоростью размножения дрожжей. После этого наступает так называемая *стационарная фаза*, когда размножение замедляется и уравниваются процессы размножения и отмирания клеток. В последней фазе — фазе затухания — активность клеток снижается, так как уменьшается количество питательных веществ в растворе и увеличивается объем продуктов обмена. Дрожжевые клетки отмирают и оседают на дно бродильного аппарата.

В пивоварении используют дрожжи семейства *Sacchromycetaceae* рода *Sacchromyces*. Применяются разновидности дрожжей, которые различаются некоторыми свойствами: степенью сбраживания, коэффициентом размножения, требовательностью к сырью и т. п. Такие разновидности дрожжей называют расами (штаммами). С учетом характеристик отдельных рас их рекомендуют использовать в производстве для получения тех или иных сортов пива.

Как уже отмечалось, различают дрожжи верхового брожения, которые активны при обычной температуре, и дрожжи низового брожения, они действуют при пониженных температурах, что позволяет получать напитки, более насыщенные диоксидом углерода. Дрожжи верхового брожения в процессе сбраживания сусла всплывают на поверхность раствора, формируются в виде слоя и до конца брожения остаются в таком виде. Оседая на дно бродильного аппарата, они образуют рыхлый слой. По своей структуре это пылевидные дрожжи, они не слипаются в плотные агрегаты. Дрожжи низового брожения не сосредотачиваются в поверхностном слое, а в конце брожения выпадают в плотный осадок на дно бродильного аппарата.

Создание дрожжами рыхлых хлопьевидных агрегатов называют *флокуляцией*. Этот процесс имеет большое значение при сбраживании сусла, так как ускоряет осветление пива и облегчает удаление дрожжей из бродильного аппарата. Их затем используют как семенные дрожжи. Оптимальные условия для хлопьеобразования — пониженная температура и значение pH в пределах 4–4,4.

К качеству пивных дрожжей предъявляют следующие требования: дрожжи должны быстро сбраживать сусло, придавать пиву приятный аромат, интенсивно образовывать хлопья, способствуя осветлению пива.

Хранят дрожжи чистой культуры в стерильных пробирках при температуре 4°C на охмеленном сусло-агаре. Увеличение массы дрожжей, начиная от массы их в пробирке до массы маточных дрожжей, требуемых для внесения в бродильный аппарат, называют разведением дрожжей чистой культуры. Процесс разведения состоит из лабораторной и производственной стадий. В микробиологической лаборатории процесс разведения начинается пересевом чистой культуры из пробирки на стерильное охмеленное сусло большего объема, далее пересев на новое стерильное сусло, объем которого увеличивается от пересева к пересеву в несколько раз и к концу достигает 6–10 дм³. Лабораторная стадия длится 5–6 сут. В течение этого времени меняется температура: в начале процесса 20–23°C, к концу понижается до 7–8°C.

В производственных условиях дальнейшее разведение дрожжей проводят в аппарате, который состоит из стерилизатора сусла, бродильных цилиндров, сосудов для посевных дрожжей и емкости для предварительного сбраживания.

6.1. Главное брожение пивного сусла

Основной биохимический процесс, который происходит при главном брожении, — это процесс спиртового брожения:



Выделяемая при брожении энергия частично усваивается дрожжами и рассеивается в сбраживаемое сусло в виде тепла. В связи с этим возникает необходимость в охлаждении сусла. При сбраживании в сусле резко снижается содержание сахаров, накапливается спирт и углекислый газ.

Кроме основных продуктов брожения — этилового спирта и углекислого газа — в сусле накапливается также ряд побочных продуктов брожения: высшие спирты (сивушные масла), эфиры, альдегиды, органические кислоты, кетоны, сернистые соединения. Эти вещества во многом влияют на вкус и аромат пива.

Один из побочных продуктов — диацетил — накапливается на первых стадиях брожения, когда идет интенсивное развитие дрожжей. Диацетил придает пиву сладкий, медовый вкус и запах, а в больших концентрациях — неприятный, маслянистый. Содержание диацетила в готовом пиве не должно превышать 0,1 мг/дм³.

Главное брожение проводят в открытых и закрытых бродильных аппаратах. Чаще всего для сбраживания применяют закрытые горизонтальные и вертикальные бродильные аппараты. Наиболее распространены горизонтальные цилиндрические аппараты (танки) (рис. 16).

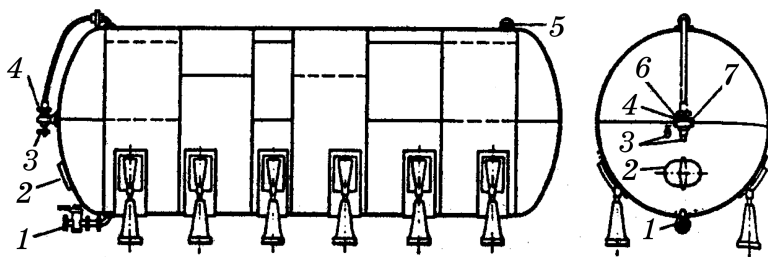


Рис. 16

Бродильный аппарат:

1 — кран; 2 — люк; 3 — пробоотборник; 4, 6, 7 — штуцеры; 5 — предохранительный клапан.

Аппарат состоит из герметичного цилиндрического резервуара объемом до 50 м^3 . На нем смонтированы штуцер для присоединения пивных шлангов, кран 1 для наполнения и спуска пива, люк 2 для контроля и очистки внутренней поверхности, кран 3 для отбора проб, штуцеры 4 и 6 для установки шпунт-аппарата — прибора, поддерживающего необходимое давление и удаляющего из аппарата избыток CO_2 , штуцер 7 для присоединения манометра, а также предохранительный клапан 5. Аппарат снабжен охлаждающим змеевиком.

Бродильное отделение находится обычно над холодильным, чтобы было удобно транспортировать сусло самотеком. Бродильное отделение должно быть чистым, сухим, должна поддерживаться температура воздуха $6-8^\circ\text{C}$. Охлаждение воздуха в бродильном отделении осуществляют с помощью воздухоохладителей — ребристых батарей, установленных в отдельном помещении. Необходима также хорошая вентиляция помещения для удаления углекислоты, выделяющейся при брожении.

Главное брожение может быть холодным и теплым в зависимости от режима сбраживания и применяемой расы дрожжей. Холодное брожение протекает при температуре $5-8^\circ\text{C}$, теплое — при $7-12^\circ\text{C}$.

Поступающее в бродильный аппарат сусло, осветленное и охлажденное до 5°C , называют начальным пивным суслом. После заполнения бродильного аппарата суслом на $1/3$ объема подают дрожжи, и с этого времени начинается главное брожение. Брожение может быть верховым и низовым, эти два вида брожения различаются применяемыми расами дрожжей и температурным режимом. Низовое брожение происходит при температуре $6-10^\circ\text{C}$, верховое — при $14-25^\circ\text{C}$. В технологии пивоварения, как правило, используют низовое брожение.

Главное брожение протекает в четыре стадии, которые различаются внешним видом поверхности сбраживаемого сусла, изменением его экстрактивности и степенью осветления молодого пива.

Первая стадия главного брожения называется *забелом*. Она характеризуется образованием пены по поверхности сусла. Продолжается эта стадия 1–1,5 сут и характеризуется интенсивным размножением дрожжей. Происходит ежедневное снижение экстракта на $0,2-0,5\%$.

Вторая стадия — стадия низких завитков. Характеризуется интенсивным выделением пузырьков углекислого газа и образованием густой белой пены по

поверхности суслу с завитками желто-коричневой окраски, которая появляется в результате выделения и окисления хмелевых смол. Экстрактивность суслу снижается на 1% в сутки. Продолжительность стадии 2–3 сут.

Третья стадия — стадия высоких завитков. Наблюдается максимальная интенсивность брожения. Экстракт суслу снижается на 1–1,5% в сутки. Пена становится высокой, рыхлой, приобретает коричневую окраску. Завитки достигают максимальной величины. Продолжительность стадии 3–4 сут.

Четвертая стадия — стадия образования деки. Характеризуется опадением пены и исчезновением завитков. Поверхность пива покрывается тонким слоем опавшей пены коричневого цвета — декой. Происходит оседание дрожжей, и пиво осветляется. Экстрактивность суслу снижается на 0,2–0,5% в сутки. Стадия продолжается 2 сут.

Главное брожение заканчивается по достижении определенной степени сбраживания, индивидуальной для каждого сорта пива. Степень сбраживания V — это отношение количества сброженного экстракта к экстракту суслу, выраженное в процентах:

$$V = (E - e) \times 100 / E,$$

где E — содержание сухих веществ в исходном сусле по сахариметру, %; e — содержание сухих веществ в молодом пиве по сахариметру, %.

Сброженное пиво в процессе главного брожения называют молодым пивом. Оно должно направляться на дображивание. Для нормального процесса дображивания в молодом пиве должно оставаться не менее 1% сбраживаемых сахаров. Молодое пиво охлаждается до 4°C и перекачивается поршневыми или центробежными насосами на дображивание. При использовании открытых бродительных аппаратов с поверхности пива предварительно вручную удаляется дека, так как попадание ее в пиво нежелательно. В деке находятся хмелевые смолы, дубильные вещества, дрожжи и микроорганизмы. При освобождении закрытых бродительных аппаратов дека остается на его внутренней поверхности.

После окончания перекачивания пива удаляют дрожжи. Дрожжевой осадок состоит из трех слоев. В нижнем слое находятся мертвые дрожжевые клетки, в среднем слое — активные, здоровые дрожжевые клетки, верхний слой содержит легковесные, несозревшие дрожжевые клетки. На современных заводах дрожжи на слои не разделяют, а перекачивают общей массой в дрожжевое отделение. Если дрожжи соответствуют установленным требованиям для семенных дрожжей, то их подготавливают для последующего использования в производстве. В качестве семенных используют около 1/3 осадочных дрожжей.

6.2. Дображивание пива

Основная цель дображивания — получение пива с приятным вкусом, специфическим ароматом и достаточным насыщением диоксидом углерода. Это происходит в результате сложных физико-химических и биохимических процессов в молодом пиве при низкой температуре и избыточном давлении. Процессы, происходящие в пиве при дображивании, те же, что и при главном брожении, только ход их замедленный из-за низкой температуры и меньшего

количества дрожжей. При дображивании пива происходят процессы, определяющие его потребительские свойства: насыщение пива диоксидом углерода; осветление пива; формирование вкуса и аромата пива.

В цехе дображивания пиво находится несколько недель. Здесь оно приобретает все необходимые свойства. Качество пива во многом зависит от условий, в которых оно дображивает. Помещение для дображивания должно быть чистым, сухим, с хорошей вентиляцией, температура воздуха — в пределах от 0 до 2°С.

Дображивание проводят в герметически закрытых металлических аппаратах. Горизонтальные аппараты для брожения используют и для дображивания. Применяют также и вертикальные аппараты (рис. 17).

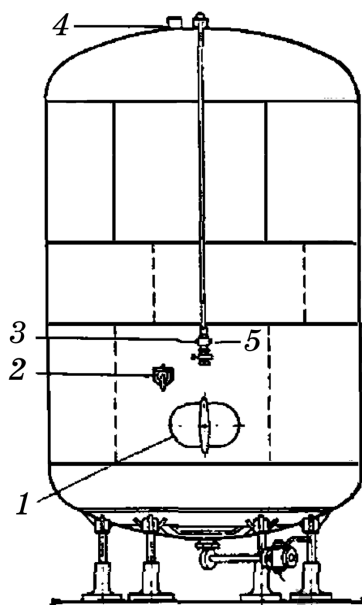


Рис. 17

Вертикальный аппарат для дображивания

В аппарате для дображивания имеются штуцеры 3 и 5 для шпунт-аппарата и манометра. Смонтированы краны 2 для отбора проб, штуцеры для присоединения шлангов, люк 1 для осмотра и чистки внутренней поверхности резервуара, предохранительный клапан 4.

Наполнение аппаратов производят постепенно, в несколько приемов в течение 1–2 сут. Аппараты наполняют не полностью: на 0,98–0,96 их вместимости, оставляя газовое пространство. В процессе заполнения аппаратов шпунтовое отверстие слегка закрывают, оставляя его в таком виде до шпунтования, т. е. создания нужного уровня избыточного давления для дображиваемого пива. Шпунт-аппарат поддерживает необходимое давление и удаляет из него избыток CO_2 . В ходе дображивания контролируют давление в аппаратах и температуру в помещении. Если условия дображивания соответствуют требованиям, то оптимальное давление достигается через 6–10 сут. Продолжительность дображива-

ния зависит от сорта пива и может длиться от 11 до 100 сут. Накануне окончания срока дображивания отбирают пробы из аппаратов и определяют показатели качества пива: цветность, содержание алкоголя и диацитила, кислотность и др. Определяют также степень сбраживания. При соответствии качества пива требованиям стандарта пиво направляют на розлив. Если есть какие-либо отклонения, то пиво оставляют в отделении дображивания для дальнейшего созревания или необходимой обработки.

Контрольные вопросы

1. Виды дрожжей, применяемых в пивоварении.
2. Напишите формулу спиртового брожения.
3. Какие изменения происходят в изменении сахаров при сбраживании?
4. Назовите основные продукты брожения.
5. Какие побочные продукты накапливаются в сусле при брожении?
6. Как влияет диацитил на качество пива?
7. Дайте характеристику бродильным аппаратам.
8. При какой температуре происходит холодное и теплое брожение?
9. Дайте характеристику стадиям главного брожения.
10. Что характеризует степень сбраживания?
11. Как рассчитывается величина степени сбраживания?
12. Дайте характеристику слоям дрожжевого осадка.
13. Какова цель дображивания пива?
14. При какой температуре происходит дображивание?



ГЛАВА 7

ОСВЕТЛЕНИЕ ПИВА, РОЗЛИВ ПИВА, ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПИВА. СОСТАВ ПИВА И ПОКАЗАТЕЛИ ЕГО КАЧЕСТВА

7.1. Осветление пива

Пиво, полученное после дображивания и созревания, еще не прозрачное, поэтому его осветляют. В процессе осветления из него удаляются дрожжевые клетки, белковые и полифенольные вещества, хмелевые смолы, соли тяжелых металлов, микроорганизмы. Чем выше прозрачность пива, тем выше его потребительские свойства. С прозрачностью связана и стойкость пива при его хранении.

Осветление пива осуществляется сепарированием и фильтрованием. Основным методом является фильтрование, при котором производится механическое и адсорбционное воздействие на пиво. Фильтрация пива увеличивает сроки реализации, так как при длительном хранении находящиеся в пиве дрожжи продолжают свою деятельность. Из-за этого пиво становится непрозрачным, на дне появляется осадок, изменяется его аромат.

Осветление пива сепарированием проводится на сепараторах-осветлителях. Процесс основан на использовании центробежной силы, которая зависит от частоты и радиуса вращения барабана сепаратора.

При осветлении несколько изменяются свойства пива: уменьшается содержание экстракта, снижается его вязкость и цветность, повышается pH за счет потери кислых коллоидов и CO_2 , понижается пенообразование.

7.2. Розлив пива

В случае недостаточного насыщения пива углекислотой, что наблюдается при поступлении на дображивание слишком выброженного пива, а также при значительных потерях CO_2 во время фильтрации, его искусственно насыщают CO_2 — *карбонизируют*. Дополнительное насыщение пива диоксидом углерода проводят также с целью повышения стойкости пива и улучшения его вкуса. Перед карбонизацией пиво охлаждают в пластинчатых теплообменниках до 0–1 °C.

При розливе в пиво могут произойти следующие изменения: потеря углекислоты и окисление веществ пива кислородом воздуха. Потеря CO_2 приводит к понижению стойкости и вкуса напитка, а также способствует вспениванию пива, что затрудняет процесс его розлива. Окисление пива при розливе является причиной появления в нем коллоидной мути. Кислород воздуха также способствует развитию в пиве дрожжей и уксуснокислых бактерий, что снижает биологическую стойкость напитка. Под влиянием кислорода растет цветность пива.

Для сохранения в пиве диоксида углерода и предотвращения негативного воздействия на него кислорода розлив проводят в условиях, при которых пиво находится при постоянном избыточном давлении.

Пиво разливают в стеклянные бутылки, ПЭТ-бутылки, банки, кеги.

Пивные бутылки изготавливают из стекла коричневого или оранжевого цвета для предотвращения вредного воздействия на пиво синих и фиолетовых лучей. Бутылки должны иметь стандартные размеры, равномерную толщину стенок, должны быть термостойкими и выдерживать внутреннее давление не менее 0,9–1,1 МПа.

Розлив в бутылки производится на автоматических линиях розлива. Автоматическая линия включает автомат по извлечению бутылок из ящиков, бутылочную машину, разливочный и укупорочный автоматы, бракеражный полуавтомат, этикетировочную машину и автомат по укладке бутылок с пивом в ящики.

На многих заводах пиво разливают в бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТ). Разлитое в ПЭТ-бутылки пиво пастеризуют. Пиво в ПЭТ-бутылке при хранении теряет CO_2 и окисляется, поэтому быстро теряет вкусовые качества.

Для розлива пива в ПЭТ-бутылки применяют полуавтоматические и автоматические линии, которые включают следующие машины: выдувную, ополаскивающую, фасовочно-укупорочную, этикетировочную, упаковочную.

Популярность приобретает розлив пива в банки. Эта тара имеет ряд преимуществ: банки не бьются; имеют небольшую массу; их легко утилизировать; пиво в банках хорошо пастеризуется; банки свето- и газонепроницаемы, поэтому пиво хорошо сохраняет свои свойства при хранении. Банки изготавливают из жести или алюминия. Выпускают банки вместимостью: 200, 275, 330, 440, 500 см^3 . Более всего распространены банки объемом 330 см^3 .

Современный способ розлива в большие емкости — розлив в кеги. Кеги представляют собой цилиндрические металлические емкости, которые находятся под давлением. На верхнем днище кега имеется муфта, в которую ввинчивается специальная арматура — фиттинг, состоящая из корпуса фиттинга с резьбой и вертикальной трубкой, достигающей до дна кега. В корпусе фиттинга имеется клапан для управления потоками напитка и газа. Кеги изготавливаются из нержавеющей стали вместимостью 20, 30, 50 дм^3 .

7.3. Повышение стойкости пива

Одним из важнейших потребительских свойств пива является его прозрачность. При хранении пиво мутнеет в результате развития в нем микроорганизмов или нарушения стабильности его коллоидных систем. Стойкость пива — это способность его противостоять помутнению. Под стойкостью понимают время в сутках, в течение которого пиво остается прозрачным при температуре 20°C. Помутнения бывают биологическими и коллоидными. Биологические вызваны развитием в пиве микроорганизмов, коллоидные — физико-химическими процессами, происходящими в компонентах пива. Помутнение пива сопровождается ухудшением его вкуса и пенистых свойств.

Биологическое помутнение может образоваться от развития в пиве бактерий, дрожжей и плесневых грибов.

Основным фактором, от которого зависит биологическая стойкость пива, является санитарно-гигиеническое состояние производства. Специальные спо-

собы повышения биологической стойкости пива включают пастеризацию, пропуск через обеспложивающие фильтры, электрофизические методы обработки пива и использование консервантов.

Коллоидное помутнение бывает двух видов: холодное (обратимое) и необратимое. К холодному относят помутнение, возникающее при температуре 0°C и исчезающее при нагревании пива до 20°C. Помутнение, которое остается и после нагревания до 20°C, характеризуется как необратимое.

К приемам повышения коллоидной стойкости пива относятся применение ферментных препаратов и сорбентов с ферментными препаратами.

7.4. Состав пива и показатели его качества

Ассортимент пива постоянно расширяется. Различные сорта пива отличаются содержанием спирта, экстрактивных веществ, цветом, кислотностью, интенсивностью горечи и аромата хмеля. В соответствии с положениями межгосударственного стандарта ГОСТ 31711-2012 пиво вырабатывается двух типов: светлое и темное. По способу обработки пиво подразделяется на: пастеризованное, непастеризованное, фильтрованное, нефильтрованное осветленное и нефильтрованное неосветленное.

По органолептическим показателям фильтрованное и нефильтрованное пиво различаются. Фильтрованное пиво (светлое и темное) должно быть прозрачным, пенящимся, без осадка и посторонних включений, не свойственных пиву. Аромат должен быть чистый, сброженный солодовый, без посторонних запахов, вкус у фильтрованного светлого пива — чистый сброженный солодовый, с хмелевой горечью; у темного — полный солодовый с выраженным привкусом карамельного или жженого солода. Нефильтрованное светлое и темное пиво может быть непрозрачным или прозрачным с опалесценцией, иметь аромат сброженный солодовый, с хмелевым ароматом. Вкус у светлого пива этого типа должен быть сброженный солодовый с хмелевой горечью, допускается дрожжевой привкус; у темного — солодовый с выраженным привкусом карамельного или жженого солода.

Физико-химические показатели нормируются для светлого и темного пива. Объемная доля спирта в светлом пиве в зависимости от экстрактивности начального сусла (8–22%) должна быть не менее 2,8–8,6%, кислотность — не более 2,5–5,0 к. ед. Массовая доля двуокиси углерода независимо от экстрактивности должна быть не менее 0,4%, цвет — от 0,2 до 2,5 ц. ед., высота пены — не менее 40 мм, пеностойкость — не менее 3 мин.

Требования стандарта к темному пиву по массовой доле двуокиси углерода и пенообразованию такие же, как и к светлому пиву. Объемная доля спирта в темном пиве колеблется в зависимости от экстрактивности начального сусла от 3,9 до 8,0%, кислотность — от 2,8 до 5,5%. Требования к цвету — более 2,5 ц. ед.

К основным вкусовым недостаткам пива относится грубая горечь. Она вызывается повышенной дозой хмеля, использованием недоброкачественного хмеля, плохим осветлением сусла, пониженным качеством дрожжей и высокой

их концентрацией при дображивании, использованием недостаточно растворенного солода.

Контрольные вопросы

1. С какой целью осветляют пиво?
2. Дайте характеристику процесса сепарирования.
3. Какие свойства пива изменяются при осветлении?
4. Что происходит при карбонизации пива?
5. Причины появления в пиве коллоидной мути.
6. Какую тару используют для розлива пива?
7. Какой вид тары лучше всего сохраняет свойства пива?
8. Достоинства и недостатки бутылок ПЭТ.
9. Преимущества хранения пива в банках.
10. Что представляют собой кеги?
11. Что понимают под стойкостью пива?
12. Как можно повысить биологическую стойкость пива?
13. В результате чего возникает коллоидное помутнение пива?
14. На какие типы подразделяются сорта пива?
15. Сравните цвет и вкус светлых и темных сортов пива.
16. Какие виды солода применяют для производства светлых и темных сортов пива?
17. Какие требования предъявляет стандарт ГОСТ 31711-2012 по цвету, массовой доли двуокиси углерода, высоте пены и пеностойкости?



ГЛАВА 8

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА

Этиловый спирт получается путем перегонки сброженных углеводосодержащих продуктов с последующим концентрированием и обработкой отгона (спиртосодержащей жидкости). Используют спирт в 150 различных производствах, в которых насчитывается около 5 тыс. различных направлений его применения.

Вид спирта зависит от сырья, используемого при его производстве, а также от степени очистки (ректификации) и подразделяется на пищевой и технический.

Пищевой спирт — это высококонцентрированная смесь почти чистого этилового спирта с водой. В основном он является главным компонентом спиртных напитков (водка, вино, джин, пиво и др.). В ряде напитков содержится в небольших количествах: кефир (0,12–1%), квас (0,5–1%), кумыс (1–3%) и др. Может быть использован как консервант для хлебобулочных изделий, а также в кондитерской промышленности.

Основным видом сырья в производстве пищевого спирта является растительное сырье, богатое крахмалом (зерновые культуры, картофель) или сахаром (меласса, сахарная свекла).

8.1. Характеристика сырья для производства спирта

Самый лучший вид сырья для производства спирта — картофель. С единицы посевной площади из картофеля можно получить в среднем в 3 раза больше крахмала, чем из зерновых культур, а следовательно, и больше спирта. Из одной тонны картофеля можно выработать 112 л этилового спирта. Спирт из картофеля содержит повышенное количество метанола, образующегося при распаде пектиновых веществ.

Для переработки на спирт используются зерновые культуры: рожь, ячмень, пшеница, кукуруза, овес, просо. Зерновой спирт имеет более высокое качество, чем картофельный, однако в нем могут присутствовать терпены, придающие спирту жгучий вкус.

Из зерновых культур лучшим сырьем для производства спирта является кукуруза (*Zea mays*). В ней содержится относительно больше крахмала, меньше клетчатки, больше жира (что повышает кормовое достоинство барды). Из 100 кг зерна кукурузы получают 37–40 л спирта, на 3–5 л больше, чем из зерна других культур.

Меласса содержит все необходимые вещества для развития дрожжей, поэтому мелассное сусло быстрее сбраживается. При переработке мелассы упрощается технологическая схема, так как исключаются стадии разваривания и осахаривания.

Мелассная барда используется для производства большого ассортимента продуктов. Качество спирта из мелассы самое низкое, так как при сбраживании образуется большое количество побочных продуктов.

В настоящее время не менее 95% всего производимого в стране этилового спирта из пищевого сырья вырабатывается из зерна, около 5% — из мелассы. Выработка спирта из картофеля и свеклы ограничена с середины 1990-х гг.

Производство спирта из крахмалистого сырья

Технология производства спирта включает следующие технологические процессы:

- 1) подготовка крахмалсодержащего сырья и осахаривающих материалов;
- 2) разваривание крахмалсодержащего сырья;
- 3) осахаривание крахмалсодержащего сырья;
- 4) культивирование дрожжей;
- 5) сбраживание осахаренной массы;
- 6) извлечение спирта из бражки и его очистка.

Технологическая блок-схема производства спирта из зерна и картофеля приведена на рисунке 18.

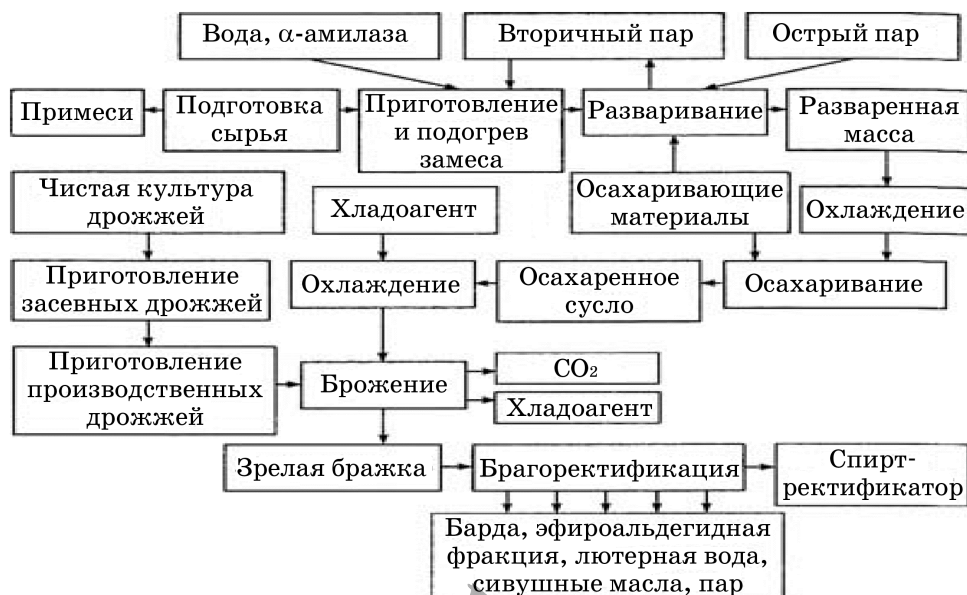


Рис. 18

Технологическая схема производства спирта из зерна и картофеля

8.2. Подготовка крахмалсодержащего сырья и осахаривающих материалов

Подготовка зерна и картофеля. Зерно очищают от посторонних примесей, которые являются вторичными и побочными продуктами спиртового брожения. Примеси, отличающиеся от зерна данной культуры толщиной (шириной) и аэродинамическими свойствами (парусностью), отделяют на воздушно-ситовом сепараторе. В очищенном зерне содержание примесей не должно превышать 1%.

Зерно, предназначенное для приготовления солода, необходимо также освободить от шуплых зерен, битого зерна и семян сорных растений, которых допускается не более 0,1%. Для этой цели применяют куколеотборочные (удаление коротких засорителей) и овсюгоотборочные машины (для устранения длинных примесей).

Мелкие металлические примеси, содержащиеся в зерне после очистки в воздушно-ситовых сепараторах, удаляют с помощью *магнитных сепараторов*.

После очистки зерно измельчают. Степень измельчения контролируют ситовым анализом. При переработке зернового сырья по непрерывной схеме для снижения температуры и длительности разваривания, а также для уменьшения технологических потерь рекомендуют использовать *тонкий* или *сверхтонкий помол*.

При *тонком* измельчении проход через сито с размером отверстий 1 мм должен быть не менее 85–95%. При этом продолжительность варки уменьшается на 15–20 мин, а температура разваривания снижается на 5–6°C.

При *сверхтонком* измельчении сырья получают высокодисперсные помолы, содержащие 80–95% частиц размером менее 250 мкм. Сырье измельчают с помощью специальных установок, оборудованных измельчающей машиной-дезинтегратором и сепарирующим устройством. Такой способ измельчения сырья позволит разваривать его при температуре 80–105°C и повысить выход спирта на 2–2,5%.

Картофель также очищают от легких грубых и тяжелых примесей (соломы, ботвы, камней, комков земли) и отмывают от земли. С помощью соломолоушек, которые устанавливают на гидравлических транспортерах перед подачей картофеля в мойку, удаляют из слоя картофеля легкие грубые примеси. Тяжелые примеси отделяют от картофеля в конце гидравлического транспортера с помощью камнеловушек.

Картофель моют для удаления оставшихся в сырье легких и тяжелых примесей в специальных аппаратах — картофелемойках. Количество неотмытой земли на картофеле не должно превышать 0,1%. Допустимые потери в процессе мойки — до 0,2%. После мойки картофель измельчают на молотковых дробилках или терках. Размер частиц измельченного картофеля не должен превышать 3 мм.

Измельченное зерно и картофель поступают в смеситель, в котором смешивают измельченную массу с водой до заданного содержания сухих веществ. В зависимости от крахмалистости на 1 кг зерна добавляют 280–300% воды, а к картофельной кашке — 15–20% воды по массе сырья. Концентрация сухих веществ в сусле должна составлять 16–18 мас.%. Замес сырья подогревают вторичным паром, чтобы сократить расход острого пара на разваривание сырья.

После перемешивания и подогрева зерновой замес (или картофельная кашка) поступает в аппарат для разваривания.

В процессе приготовления замеса под действием ферментов может значительно увеличиваться содержание сахаров, поэтому необходимо подогревать его до температуры не выше 40°C или быстро (в течение 2–3 мин) пройти интервал температур 40–80°C, при котором интенсивно образуются сахара.

Подготовка осахаривающих материалов. В спиртовом производстве для осахаривания применяют свежепросошенный солод и ферментативные препараты микробного происхождения.

Солод получают из нескольких злаков, ферментативный комплекс которых, дополняя друг друга, обеспечивает необходимую степень распада крахмала.

Дробленый солод смешивают с водой в соотношении 1:4–1:5 и получают солодовое молоко с концентрацией сухих веществ 5–6%, которое дополнительно дезинфицируют 37–40%-ным формалином и направляют для осахаривания охлажденной разваренной массы. Расход зерна на солод зависит от вида и количества основного сырья и составляет при переработке зерна 14,9%, картофеля — 13%, овса, сорго и риса — 18,5%.

Ферментные препараты получают на ферментных заводах или в специализированных цехах при спиртовых и пивоваренных заводах из культур мицелиальных грибов и бактерий. Они представляют собой либо жидкости с содержанием сухого вещества не менее 50%, либо порошки с определенной стандартной ферментативной активностью.

Получают ферментные препараты из мицелиальных грибов рода *Aspergillus*, бактерий *Bac. mesentericus*, *Bac. subtilis* и др. Эти микроорганизмы образуют α -амилазу, а некоторые — глюкоамилазу (фермент, расщепляющий крахмал до глюкозы).

Применение ферментных препаратов микробного происхождения в спиртовой промышленности взамен солода позволяет существенно снизить расход высококачественного зерна на получение солода и способствует повышению выхода спирта.

На спиртовых заводах применяют ферментные препараты — амилосубтилин Гх, ГЗх, глюкаваморин Гх, ГЗх, глюкобататин Гх, ГЗх, амилоризин Пх, глюкаваморин Пх.

Датская фирма «Ново Нордиск» поставляет препараты в сиропообразном виде плотностью 1,20–1,25 г/см³. Препараты Термамил 120 Л и БАН 240 Л являются источниками термостойкой α -амилазы, действующей при температуре 85–95°C и разжижающей крахмал. Препараты АМГ 300 Л и САН Супер 240 Л содержат глюкоамилазу и протеазу. Оптимальные условия их действия 55–60°C.

8.3. Разваривание крахмалсодержащего сырья

Разваривание должно подготовить сырые материалы, содержащие крахмал, к процессу осахаривания. Для этого нужно освободить крахмал, заключенный в клетках сырого материала, перевести его в состояние клейстера и растворить, так как амилаза солода или ферментов легко осахаривает только клейстеризованный крахмал, а на сырой крахмал она почти не действует. Под давлением межклеточное вещество растворяется, сами же клетки хотя и не разрушаются, но значительно утрачивают свою прочность. Разваривание крахмалсодержащего сырья проводят путем обработки его паром с избыточным давлением 400–500 кПа.

Основные процессы, протекающие при разваривании, сводятся к следующему:

- переход крахмала в растворимое состояние, в котором он легко поддается осахариванию амилазой солода;
- разрушение клеточных стенок, что облегчает освобождение заключенного в них крахмала;
- гидролиз нерастворимых белков.

Производят разваривание крахмалсодержащего сырья тремя способами: периодическим, полунепрерывным и непрерывным.

Наибольшее распространение получило непрерывное разваривание, которое имеет целый ряд преимуществ: увеличивается выход спирта, улучшаются условия труда, увеличивается производительность варочного оборудования и труда, уменьшается расход пара.

При непрерывном разваривании измельченного сырья некоторые процессы (набухание, клейстеризация, частичный гидролиз крахмала и других составных частей сырья) проходят в стадии приготовления замеса. Основные же процессы по растворению крахмала, межклеточных и инкрустирующих веществ сырья проходят при повышенной температуре разваривания в варочном аппарате.

Схемы установок для разваривания крахмалсодержащего сырья в зависимости от способа прохождения развариваемой массы можно разделить на две группы.

В первой группе замес, нагретый до температуры разваривания, проходит через варочные аппараты при постоянном давлении. Переток замеса из одного аппарата в другой осуществляется самотеком за счет разницы уровня в аппаратах. Коэффициент заполнения аппаратом составляет 0,8–0,9.

Во второй группе установок максимальная температура замеса и давления достигаются в первой секции установки (в контактной головке или в специальном аппарате). При перетоке замеса из секции в секцию давление снижается, происходит самоиспарение развариваемой массы, увеличение объема парожидкостной эмульсии за счет адиабатического расширения пара, при этом также увеличивается скорость движения смеси, что способствует диспергированию сырья. Коэффициент заполнения аппаратов не более 0,16.

В качестве типовых приняты две схемы непрерывного разваривания сырья: схема ВНИИПрБ (Мичуринского спиртового завода), а также схема УкрНИИСП (Мироцкого спиртового завода).

Первая схема предусматривает разваривание сырья при пониженной температуре (130–140°C) и сравнительно продолжительной выдержке (50–60 мин), вторая — при повышенной температуре (165–172°C) и прохождении массы через варочный аппарат за 2–4 мин.

Указанные схемы совершенствуются, модернизируются и получают новое развитие, в том числе и с учетом способов подготовки сырья.

Особенностью схемы профессора В. А. Маринченко являются сверхтонкое измельчение крахмалсодержащего сырья, механическое активирование солода, разваривание сырья при пониженных температурах, использование вакуума для охлаждения суслу (рис. 19).

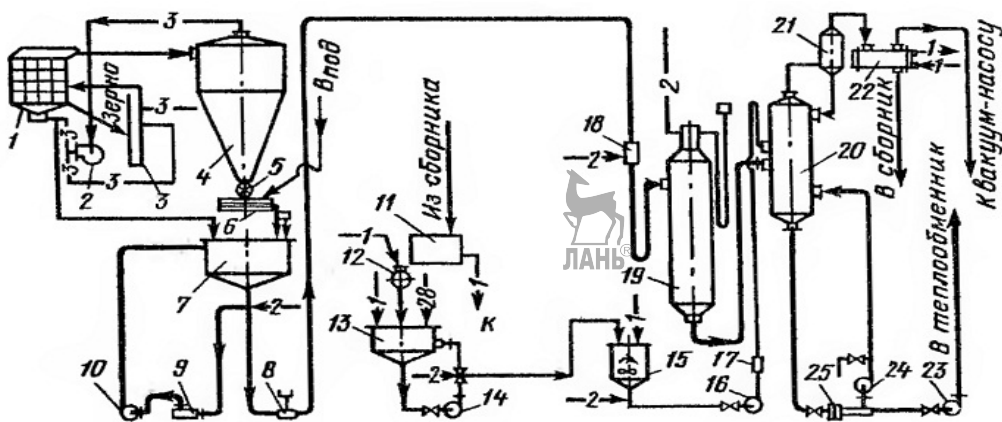


Рис. 19

Аппаратурно-технологическая схема подготовки крахмалсодержащего сырья к сбраживанию:

Условные обозначения: — — основной продукт; -1— — вода; -2— — пар; -3— — воздух; -28— — дезинфектор.

Зерно, поступающее из бункера в дезинтегратор 3, подвергается сверхтонкому измельчению. Помол зерна под действием центробежной силы и воздушного потока от вентилятора 2 по трубопроводу выбрасывается в среднюю часть сепарационной камеры 1. Воздух, поступающий снизу камеры, уносит помол зерна с размером частиц 250 мкм и менее в циклон 4, из которого он через шлюзовой затвор 5 поступает в дисмембратор-смеситель 6 для смешивания с водой. Полученный замес поступает в сборник 7 замеса. Отходящий воздух из циклона 4 направляется на повторное использование. Для воздухообмена в системе установки в дезинтегратор 3 подсасывается воздух из атмосферы.

Приготовленный замес подают плунжерным насосом 8 в контактную головку 18. В необходимых случаях массу пропускают вначале через ловушку 9, после чего ее вновь направляют насосом 10 в сборник 7 замеса для мгновенного подогрева среды до температуры 80–130°C. Температурный режим зависит от вида перерабатываемого сырья. Далее масса направляется в выдерживатель-сепаратор 19, а оттуда при температуре не выше 105°C в испаритель-осахариватель 20. Разрежение в осахаривателе, обеспечивающее снижение температуры разваренной массы до 58–62°C, создается с помощью вакуум-насоса 16. В указанный осахариватель насосом 23 подают активированное солодовое молоко из ячменного и просяного солодов 4–5-суточного ращения совмещенным способом.

Предварительно солод после отделения влаги из сборника 11 поступает в молотковую дробилку 12 для грубого измельчения. Солодовое молоко (смесь измельченного солода и воды в соотношении 1:4) направляется в сборник 13, после чего подвергается механическому активированию в активаторе 14 по замкнутому циклу в течение 5–10 мин. Активированное солодовое молоко подается в сборник 15, после чего направляется насосом 16 через расходомер 17

в испаритель-осахариватель 20. Для повышения активации ферментов и процесса осахаривания сусло, пройдя ловушку 25, направляется в активатор 24, а затем по замкнутой схеме — в испаритель-осахариватель 20. Образовавшаяся паровоздушная смесь направляется через ловушку-отделитель 21 в теплообменник 22. Сконденсировавшаяся в теплообменнике 22 влага удаляется, а воздух направляется к вакуум-наосу.

Эта схема позволяет вести осахаривание замеса при принятых температурных режимах (58–62°C). Осахаренная масса перед поступлением в бродильное отделение из осахаривателя направляется насосом 23 в теплообменник для охлаждения до температуры 24–26°C.

На многих спиртовых заводах применяют технологическую схему разваривания тонкоизмельченного зерна (проход через сито с диаметром отверстий 1 мм 95–100%), разработанную ВНИИПрБ. Особенности схемы являются: узел измельчения сырья, наличие модернизированного агрегата для разваривания сырья, двухступенчатое использование ферментных препаратов на стадии разжижения замеса до разваривания и на стадии осахаривания охлажденной разваренной массы.

8.4. Осахаривание крахмалсодержащего сырья

Осахаривание — это процесс расщепления крахмалсодержащего сырья до простых сахаров под воздействием естественных (из солода) или искусственных (синтетических) ферментов. В результате осахаривания разваренной массы получают продукт — сусло спиртового производства.

Когда разваренную массу осаживают *солодовым молоком*, крахмал гидролизуются на 70–75% до мальтозы и глюкозы и на 25–30% до предельных декстринов, которые доосахариваются декстриназой солода или глюкоамилазой ферментных препаратов во время брожения. При осахаривании солодом полученное сусло содержит 71–76% мальтозы и 24–29% глюкозы от суммы сбраживаемых сахаров, а осажаренное ферментными препаратами — соответственно 14–21 и 79–86%. Гидролиз крахмала осуществляется под действием α -амилазы, β -амилазы и декстриназы (олиго-1,6-глюкозидазы).

Если разваренную массу осаживают *ферментными препаратами* микробного происхождения, то определяющее значение в гидролизе крахмала имеет глюкоамилаза, а α -амилаза — вспомогательное.

Большинство бактериальных α -амилаз имеет высокий оптимальный температурный интервал активности (80–85°C) и достаточно активны при 90–95°C. Такие α -амилазы являются декстриногенными и имеют оптимум pH действия 5,6–5,8. Их целесообразно применять на стадии приготовления замеса сырья.

Процесс осахаривания осуществляется при 57–58°C — оптимальной температуре действия амилалитических ферментов.

Процесс осахаривания состоит из следующих операций:

– охлаждения разваренной массы до определенной температуры, которую после смешивания массы с солодовым молоком (микробной культурой) понижают до заданной для осахаривания;

– смешивания разваренной массы с солодовым молоком (ферментным препаратом);

– осахаривания крахмала;

– охлаждения сусла до начальной температуры брожения сусла и перекачивания сусла в бродильное и дрожжевое отделения завода.

Все эти операции, кроме перекачивания сусла, при периодическом процессе выполняются в одном аппарате, называемом заторным баком; при непрерывном процессе — или в отдельных аппаратах, установленных последовательно, или в одном аппарате (сочетается несколько операций).

Существуют периодическое и непрерывное осахаривание замеса. Периодическое осахаривание применяют в основном на заводах малой мощности.

Непрерывное осахаривание предусматривает несколько способов:

– одноступенчатое;

– двухступенчатое;

– осахаривание с одноступенчатым вакуум-охлаждением;

– осахаривание с двухступенчатым вакуум-охлаждением;

– осахаривание с трехступенчатым вакуум-охлаждением.

При *осахаривании в одну ступень* охлаждение разваренной массы, смешивание с солодовым молоком (микробной культурой) и осахаривание ведут в одном аппарате — осаживателе, а сусло охлаждают в теплообменнике.

Двухступенчатое осахаривание ведут последовательно в двух аппаратах с различным количеством солодового молока и при разных температурах.

Осахаривание с одноступенчатым вакуум-охлаждением — наиболее распространенный способ осахаривания.

При этом способе разваренную массу до поступления в одноступенчатый осаживатель охлаждают до 62–63°C в вакуум-испарительной камере, затем в осаживателе смешивают с солодовым молоком, в результате чего температура снижается до 57–58°C.

В осаживателе отсутствуют теплообменная поверхность и диффузор, пропеллерная мешалка расположена сбоку, а на крышке установлен фильтр для сообщения верхней части аппарата с атмосферой и предотвращения попадания в сусло микрофлоры.

Из паросепаратора 1 (рис. 20) разваренная масса по трубе 2 поступает в испарительную камеру 3, в которой поддерживается разрежение 0,08 МПа. Вследствие самоиспарения воды температура почти мгновенно понижается до соответствующей этому разрежению и равной 62°C. Вакуум в камере создается в результате конденсации выделяющегося пара водой в конденсаторе 4. Смесь воды, конденсата и неконденсирующихся газов откачивается мокровоздушным насосом 5 типа РМК.

Охлажденная масса по барометрической трубке 6 стекает в осаживатель 7. Одновременно по трубе 8 в трубу 2 засасывается 10–15% сусла из осаживателя, вследствие чего снижается вязкость массы, облегчается отделение пара и уменьшается унос с ним крахмала. После добавления к разжиженной массе осаживающего средства из расходных бачков 9 с помощью дозатора 10

температура ее снижается до 57–58°C и сохраняется на этом уровне все время. Продолжительность осахаривания не менее 10 мин.

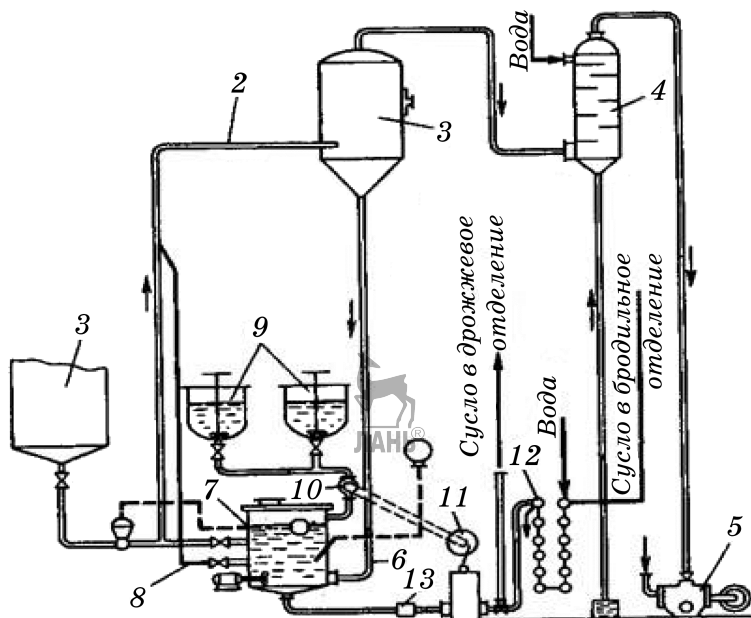


Рис. 20

Схема непрерывного осахаривания с одноступенчатым вакуум-охлаждением разваренной массы

Уровень массы в осахаривателе поддерживается автоматически посредством поплавкового регулятора, связанного рычагом с заслонкой на продуктовой трубе. Солодовое молоко дозируется в зависимости от скорости откачивания сусла насосом 11 в теплообменник 12. Для задержания песка перед насосом установлена ловушка 13.

Сущность *осахаривания с двухступенчатым вакуум-охлаждением* заключается в том, что не только разваренную массу перед осахариванием, но и сусло охлаждают до температуры брожения в результате создания вакуума в испарительных камерах первой и второй ступеней. Разрежение в испарительной камере второй ступени образуется парожекторным вакуум-насосом. При этом способе полностью исключаются громоздкие теплообменники и появляется возможность вторичного использования воды для охлаждения.

Трехступенчатое вакуум-охлаждение сусла применяется с целью сокращения расхода воды на охлаждение сусла с 57–58 до 20°C. Вакуум-испарительную камеру и соответственно конденсатор разделяют на три части (секции) и устанавливают четыре парожекторных вакуум-насоса.

Полноту осахаривания проверяют по йодной пробе. При пробе на йод окраска сусла не изменяется, если осахаривание прошло нормально; красная окраска свидетельствует об избытке декстринов, сине-фиолетовая — о присутствии неосахаренного крахмала. Такое изменение окраски с йодом характерно только при получении сусла осахариванием разваренной массы солодом; при

осахаривании ферментными препаратами микроскопических грибов окраска может оставаться сине-фиолетовой и исчезает при брожении.

Расход солода на осахаривание определяется с учетом его осахаривающей способности (ОСп). На 1 г крахмала сырья, поступившего на разваривание и содержащегося в зерне, идущего на приготовление солода, требуется 0,6–0,7 ед. ОСп. Необходимое количество ОСп обеспечивается двумя или тремя видами солода.

Основные технологические показатели качества сусла. Концентрация характеризует общее содержание растворимых сухих веществ в сусле. Их можно разделить на сбраживаемые (сахара и декстрины) и несбраживаемые (органические кислоты, азотистые и минеральные вещества). Содержание растворимых веществ в сусле выражается в массовых процентах и должно находиться в пределах 16–18%, в том числе 13–15% сбраживаемых веществ.

Степень осахаривания определяется реакцией пробы сусла с йодом: при пробе на йод сусло не должно окрашиваться в красный, и особенно в фиолетовый, цвет. Желательно, чтобы соотношение мальтозы и декстринов в сусле из картофеля, кукурузы и проса находилось в пределах 4:1, а в ячменном, ржаном и овсяном сусле — не меньше 3,5:1. По данным химического анализа вычисляют истинную и видимую доброкачественность сусла.

Истинной доброкачественностью сусла ($D_{\text{и}}$) называют отношение количества мальтозы и декстринов к общей сумме растворимых сухих веществ сусла, выраженное в процентах. Истинная доброкачественность для кукурузного сусла составляет 87–88%, просяного — 85–86%, картофельного — 82–84%, овсяного — 80–82%, ячменного — 78–80% и ржаного — 76–78%.

Видимой доброкачественностью сусла ($D_{\text{в}}$) называют число, которое показывает, сколько частей глюкозы получается после инверсии из 100 массовых частей сухих веществ фильтрата сусла.

Кислотность сусла зависит от количества кислот, перешедших из сырья. Один градус кислотности соответствует 1 см³ нормального раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование 20 см³ исследуемого раствора (сусла, бражки, производственных дрожжей). Нормальная кислотность сусла должна быть 0,20–0,30°.

8.5. Культивирование дрожжей

В качестве возбудителей спиртового брожения применяют культурные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* расами XII, К-81 и др. Для уменьшения расхода осахаривающих средств (на 10–15%) и снижения продолжительности брожения на 5–6 ч выведена высокоактивная раса У 408, обладающая амилалитической активностью.

К расам спиртовых дрожжей предъявляются следующие требования:

- высокая бродильная активность;
- способность быстро и полно сбраживать сахара среды, т. е. способность давать низкие отброды;
- стойкость к высоким концентрациям спирта;

– устойчивость к подкислению среды и к продуктам обмена посторонних микроорганизмов.

Лучшей питательной средой для размножения спиртовых дрожжей является среда на основе солода, так как он содержит все необходимые для их жизнедеятельности минеральные вещества и к тому же азот, входящий в состав солодовых ростков, наиболее легко используется дрожжами как продукт питания.

Размножают дрожжи в дрожжевом отделении завода с соблюдением всех необходимых условий для получения дрожжей.

Дрожжи размножают по схеме: чистая (маточная) культура дрожжей — засевные дрожжи — производственные дрожжи.

Чистую культуру дрожжей накапливают постепенно в несколько стадий. При нормальной работе завода чистую культуру дрожжей выводят примерно один раз в год. Для размножения дрожжей создают оптимальные условия питания и температуры.

Для размножения *засевных дрожжей* используют стерильное сусло концентрацией соответственно 10, 14 и 16% по сахаромеру.

Засевные дрожжи отбирают от производственных в количестве 10%. Очистку засевных дрожжей от посторонних микроорганизмов обычно проводят подкислением серной кислотой до pH 2 (2,7–3,0°) и выдерживают в течение 30–40 мин. В дрожжах может содержаться незначительное количество бактерий, которые практически не влияют на ход спиртового брожения. Таким образом, в нестерильных условиях получают практически чистую культуру дрожжей, называемую *естественной чистой культурой*.

Производственными, или зрелыми, дрожжами в спиртовом производстве называют готовую культуру дрожжей, которую получают в результате сбраживания 1/3 питательного сусла от первоначального содержания сухих веществ.

Различают периодический, полунепрерывный и непрерывный способ культивирования дрожжей.

При периодическом способе культивирования все операции — подготовка, ввод посевных дрожжей и их выращивание, вывод дрожжей, промывка стенок и их стерилизация, охлаждение и повторение наполнения — осуществляют последовательно в одном дрожжевом аппарате (дрожжанке). Дрожжанка представляет собой закрытый цилиндрический аппарат, снабженный двумя рядами змеевиков (для пара и воды) с мешалкой.

Все операции при полунепрерывном способе приготовления дрожжевого сусла проводят в отдельном аппарате-пастеризаторе, расположенном выше двух дрожжевых аппаратов. Устройство пастеризатора такое же, как и дрожжевого аппарата, только вместимость его на треть меньше.

Непрерывное культивирование дрожжей осуществляется в системе дрожжегенераторов. Осахаренное сусло и маточные дрожжи поступают в первый аппарат, последовательно проходят дрожжегенераторы и из последнего в виде готовой культуры дрожжей поступают в головной танк бродильной батареи.

8.6. Сбраживание осахаренной массы

Спиртовое брожение

Сбраживание осахаренной массы (сусла) начинается с момента введения в нее производственных дрожжей. Под действием ферментов дрожжей идет расщепление мальтозы до глюкозы, которая затем сбраживается в спирт и диоксид углерода — основные продукты брожения.

Схема спиртового брожения:



Кроме основных продуктов брожения образуются вторичные и побочные продукты брожения: высшие спирты, кислоты и эфиры. По мере сбраживания моно- и дисахаридов под действием амилолитических ферментов происходит доосахаривание декстринов и крахмала, содержащихся в сусле. Бродящее сусло называют *бражкой*. От скорости сбраживания зависит длительность брожения.

В процессе брожения сусла можно выделить три периода: взбраживание, главное брожение и дображивание. В первом периоде происходит интенсивное размножение дрожжей и сбраживание сахаров. Второй период характеризуется энергичным сбраживанием сахаров и сопровождается бурным выделением диоксида углерода. В третьем периоде идет медленное дображивание сахаров, образующихся в результате доосахаривания декстринов сусла.

Процесс брожения проводят в бродильных аппаратах (ферментерах). Ферментеры представляют собой цилиндрические стальные резервуары вместимостью 50–100 м³, оборудованные змеевиками и патрубками для подвода сусла, дрожжей, воды, пара и отвода зрелой бражки.

Брожение сусла проводят периодическим, циклическим, проточно-рециркуляционным и непрерывно-проточным способами.

Периодическое сбраживание характеризуется большим количеством непроизводительных операций и низкой продуктивностью бродильной аппаратуры и проводится в основном на заводах малой мощности. Съем спирта с 1 м³ дрожжебродильной аппаратуры составляет всего 2 дал/сут. Все стадии брожения протекают в одном аппарате. Продолжительность брожения 72 ч.

Непрерывно-проточный, проточно-рециркуляционный и циклический способы брожения происходят в дрожжанках, дрожжегенераторах и нескольких бродильных аппаратах, соединенных между собой переточными трубами. При этих способах брожения необходимо периодически освобождать оборудование от бражки и проводить профилактическую стерилизацию аппаратов и коммуникаций всей системы. Продолжительность брожения сусла по этим методам обычно составляет 60–62 ч.

Широкое распространение получил непрерывно-поточный способ брожения, предложенный В. Л. Яровенко (рис. 21).

Процесс протекает в двух дрожжанках 1, дрожжегенераторе 2, двух головных бродильных аппаратах 3, также имеется ряд бродильных аппаратов 4, насосы 5 и 6 и спиртоловушки 7.

Первые бродильные аппараты являются головными; все аппараты оборудованы змеевиками. В головных аппаратах происходит главное брожение и вы-

деляется большое количество теплоты. Готовые дрожжи из дрожжанки 1 самотеком направляются в дрожжегенератор 2, куда одновременно с дрожжами поступает подкисленное до 0,5° охлажденное сусло с содержанием СВ 16–18 мас.%.
ЛАНЬ®

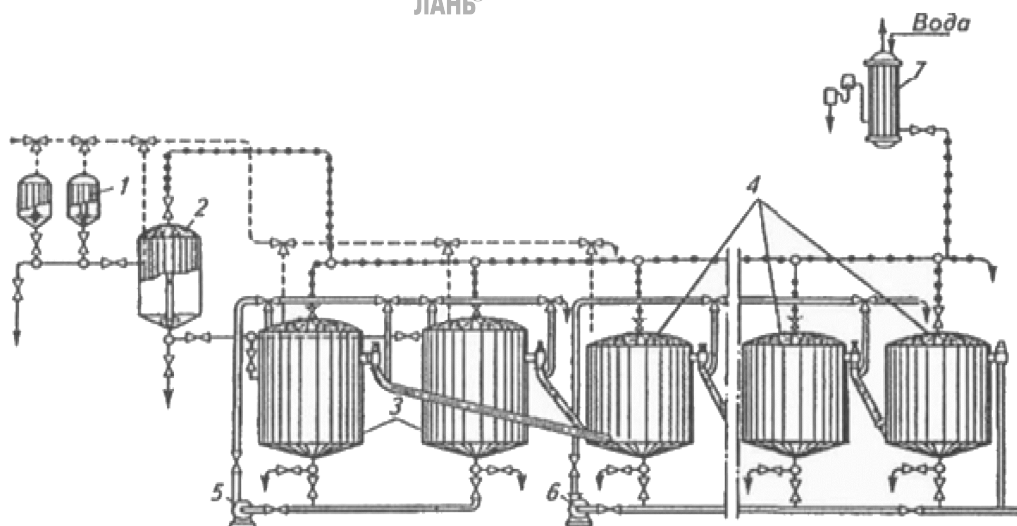


Рис. 21

Схема непрерывного-поточного сбраживания зернокартофельного сусла

Дрожжегенератор служит для накопления большого количества засевных дрожжей (40% вместимости бродильного аппарата). В зрелых дрожжах содержится 2–3 об% спирта и 90–100 млн дрожжевых клеток в 1 мл среды. При содержании сухих веществ в дрожжевой массе 5–6% зрелые дрожжи самотеком поступают в головной бродильный аппарат 3.

Одновременно со зрелыми дрожжами в первый головной аппарат из теплообменника поступает сусло, охлажденное до температуры складки дрожжей. Когда аппарат заполнится суслом, начинается переток бродящей среды по бродильной батарее, состоящей из 10 аппаратов. Длительность брожения составляет 56–60 ч при температуре 26–30°C.

Для предупреждения развития инфекции систематически через каждые 2 сут проводят профилактическую стерилизацию бродильных аппаратов паром от головного к последнему. Освобождение ферментеров осуществляется с помощью насосов 5 и 6. В борьбе с инфицированием применяют также сильный антисептик лактомицин микробного происхождения. Выделяющийся при брожении диоксид углерода выводится через спиртоловушку 7 в специализированный цех.

Непрерывно-поточный способ брожения в сравнении с периодическим позволяет увеличить пропускную способность бродильного отделения на 20%, автоматизировать процесс и увеличить выход спирта на 0,3 дал из 1 т условного крахмала, т. е. в пересчете на крахмал картофеля. Перспективным способом также является непрерывно-поточное брожение с рециркуляцией сбраживаемого сусла.

В ходе технологических процессов допускаются ошибки, которые обнаруживаются при анализе технологических показателей зрелой бражки. К ним относятся: крепость, видимая концентрация сухих веществ, содержание несброженных сахаров и кислотность. Все эти показатели должны соответствовать определенным нормам.

Крепость бражки характеризует содержание этилового спирта в объемных процентах и определяется посредством погружного рефрактометра, пикнометра или стеклянного спиртомера в дистилляте, полученном при перегонке бражки. Этот показатель должен находиться в пределах 8–10 об%.

Видимая концентрация сухих веществ (по прежней терминологии «отброд») — это условная величина, которая показывает содержание в процентах растворимых сухих веществ в фильтрате бражки и измеряется сахаромером. Сахаромер градуирован по растворам чистой сахарозы, и одно целое деление его соответствует 1% по массе (или г) сахарозы.

Истинной концентрацией сухих веществ называют показание сахаромера, характеризующее содержание растворимых сухих веществ в фильтрате бражки после отгонки спирта и доведения его до первоначального объема дистиллированной водой. Истинная концентрация сухих веществ всегда больше видимой.

Метод определения массовой концентрации растворимых несброженных сахаров основан на расщеплении в сильноокислой среде сложных углеводов до моносахаров с последующей их дегидратацией и образованием оксиметилфурфурола.

В зависимости от культуры производства, технической оснащенности и точного соблюдения технологических режимов количество несброженных углеводов в бражках на спиртзаводах может быть значительно ниже допустимой предельной величины.

Работу завода по технологическим показателям оценивают на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», если содержание растворимых углеводов в бражке составляет соответственно (в %): до 0,25; в пределах 0,251–0,35; 0,351–0,45; свыше 0,45. Содержание крахмала в бражках при этом изменяется от 0,03 до 0,2%.

Потери растворимых сбраживаемых углеводов в бражке при их содержании от 0,25 до 0,45% составляют от 1,92 до 3,46% от всего количества сбраживаемых углеводов, введенных с сырьем.

Титруемую кислотность в фильтрате бражки определяют титрованием и выражают в градусах. Один градус кислотности соответствует 10 см^3 раствора гидроксида натрия с $(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$, расходуемого на нейтрализацию кислот, содержащихся в 20 см^3 фильтрата бражки. При нормальном течении технологического процесса составляет $0,5^\circ$. Нарастание кислотности бражки в процессе брожения не должно превышать $0,2^\circ$. Большее нарастание кислотности свидетельствует о развитии посторонних микроорганизмов.

Кислотность зрелой бражки определяют потенциометрическим методом. Величина pH имеет большое значение для жизнедеятельности дрожжей и действия ферментов. pH зернового сусла лежит в пределах 4,9–5,5. Оптимум

рН для осахаривания крахмала амилолитическими ферментами солода и культур плесневых грибов составляет 4,6–5,3, что близко к рН сусле.

Зрелую бражку из последнего бродильного аппарата направляют для извлечения спирта в *ректификационное отделение*.

8.7. Извлечение спирта из бражки и его очистка

В результате спиртового брожения образуется бражка, состоящая из трех фаз: жидкой, газообразной и твердой.

Основную долю из суммы трех фаз составляет *жидкая фаза*. Она состоит из воды (82–90 мас.%), этилового спирта 4,8–8,8 мас.% (или 6–11 об%) с сопутствующими *легколетучими примесями*, число которых превышает 70 наименований. В состав летучих примесей входят кислоты, сложные эфиры, альдегиды и высшие спирты, серо- и азотсодержащие примеси. По отношению к этиловому спирту, содержащемуся в бражке, летучие вещества составляют 0,5%. Состав бражки значительно зависит от вида исходного сырья и технологических процессов, предшествующих выделению из нее спирта.

В состав твердой фазы бражки входят нерастворимые частицы исходного сырья — шелуха и дробина. Все вещества, которые остаются в остатке после выпаривания спирта, воды и летучих примесей, также входят в состав твердой фазы. Это растворимые экстрактивные вещества органического и неорганического происхождения. К растворимым экстрактивным веществам органического происхождения относят несброженные сахара, декстрины, белки, а к растворимым экстрактивным веществам неорганического происхождения — минеральные вещества. В мелассной бражке содержится СВ 8–10 мас.%, в зерновой — 5–7, а в картофельной — 3–5 мас.%.

Газообразная фаза бражки представлена главным образом продуктом жизнедеятельности дрожжей — диоксидом углерода, который образуется при сбраживании сахаров. В 1 дм³ зрелой бражки содержится до 1–1,5 г СО₂, при перекачке бражки из бродильного в ректификационное отделение количество СО₂ в ней снижается на 35–50%.

Спирт из бражки выделяют с помощью ректификации на сырцовых ректификационных установках. Получаемый при этом продукт называется спиртом-сырцом.

Ректификацией принято называть процесс разделения бинарной или многокомпонентной жидкой смеси на компоненты или группы компонентов (фракции), различающиеся между собой летучестью (упругостью пара). Разделение бинарной смеси «спирт — вода» часто называют простой *перегонкой*, или *дистилляцией*. Разделение однородных летучих смесей осуществляют путем *многократного двустороннего массо- и теплообмена* между противоточно движущимися паровым и жидкостным потоками.

В процессе ректификации при взаимодействии фаз происходит *диффузия* (перенос) легколетучего компонента из жидкой фазы в паровую и труднолетучего компонента, наоборот, из паровой фазы в жидкую.

Цель очистки этилового спирта — освобождение его от сопутствующих летучих примесей и получение спирта стандартной крепости. Очень важно наряду с очисткой спирта максимально сконцентрировать отбираемые примеси и максимально освободить их от этанола и воды.

Очистка спирта от примесей путем перегонки основана на различии *коэффициентов их испарения*. Коэффициентом испарения называется отношение концентрации данного вещества в паровой фазе к концентрации в жидкой фазе. Коэффициенты испарения отдельных примесей отличаются один от другого и изменяются в зависимости от содержания этилового спирта. Для определения возможности очистки этилового спирта от примесей необходимо сравнить коэффициент испарения примесей с коэффициентом испарения этилового спирта.

Для оценки летучести примесей по сравнению с летучестью этанола введено понятие *коэффициент ректификации примесей* (K_p). Он показывает, насколько увеличивается или уменьшается содержание примеси в паре по отношению к этанолу по сравнению с жидкостью. При коэффициенте ректификации, равном единице, перегонка неэффективна, так как дистиллят после нее остается без изменения. Если коэффициент ректификации больше единицы, то в дистилляте больше примесей, чем в первоначальной смеси. Если коэффициент ректификации меньше единицы, то в дистилляте меньше примесей, чем в перегоняемой смеси.

Коэффициенты испарения и ректификации примесей зависят от концентрации этанола в водном растворе, из которого выделяются примеси. Все известные примеси по летучести можно разделить на четыре вида: головные, хвостовые, промежуточные и концевые.

К головным примесям относят те, которые обладают большей летучестью, т. е. большим коэффициентом испарения, чем этанол, при всех концентрациях его в растворе. Для них всегда $K_p > 1$. К основным представителям головных примесей относятся уксусный и масляный альдегиды, акролеин, муравьино-этиловый, уксусно-метиловый, уксусно-этиловый и диэтиловый эфиры и др.

Летучесть хвостовых примесей всегда меньше летучести спирта ($K_p < 1$). Типичными хвостовыми примесями являются, например, уксусная кислота и фурфурол.

Промежуточные примеси обладают двойными свойствами: при высоких концентрациях этанола они проявляют характер хвостовых примесей ($K_p < 1$), при низких, напротив, характер головных примесей ($K_p > 1$). При определенной концентрации этанола в водно-спиртовых растворах летучесть промежуточных примесей равна летучести этанола ($K_p = 1$).

Спирт-сырец получают на одно- и двухколонных ректификационных установках. При этом из бражки отгоняются этанол и примеси с большей летучестью, чем этанол.

Одноколонная сырцовая установка состоит из полной ректификационной колонны, дефлегматора и холодильника (рис. 22). Бражка нагревается в дефлегматоре и поступает в среднюю часть колонны. В нижней части колонны (отгонной, или бражной) спирт извлекается из бражки паром, вводимым в кубовую часть колонны. Бражка, освобожденная встречным потоком пара в ниж-

ней части колонны, называется после этого бардой. Она непрерывно выводится из колонны через гидрозатвор, или бардорегулятор. В отгонной части колонны обычно имеются 18–22 тарелки.

В верхней части колонны (концентрационной, или спиртовой) устанавливают 9–10 ситчатых или многоколпачковых тарелок, на которых происходит концентрация спирта в поднимающемся потоке пара в результате встречного перемещения стекающей флегмы. Спиртовой пар концентрацией около 88 об% из колонны поступает в дефлегматор, где значительная его часть (около 2/3) конденсируется, отдавая теплоту бражке и воде, образуя флегму. Оставшаяся часть (около 1/3) спиртового пара поступает в холодильник, где конденсируется, превращаясь в спирт-сырец, и охлаждается. Отношение количества флегмы к количеству дистиллята называют флегмовым числом (ФЧ).

В российской спиртовой промышленности применяют в основном одно-колонные сырцовые установки. По сравнению с *двухколонными* (рис. 22б) они проще по устройству и в эксплуатации, в них расходуется меньше пара и воды, их легко автоматизировать, однако они имеют большую рабочую высоту и дают барду с меньшим содержанием сухих веществ, так как она смешивается с лютерной водой.

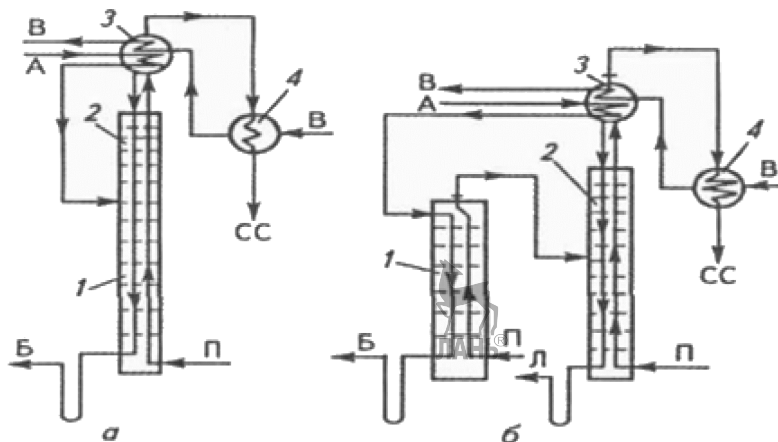


Рис. 22

Схемы сырцовых ректификационных установок:

а — одноколонная; б — двухколонная:

1 и 2 — бражная и спиртовая колонны; 3 — дефлегматор; 4 — холодильник спирта; А — бражка; Б — барда; В — вода; Л — лютерная вода; П — греющий пар; СС — спирт-сырец.

Давление в нижней части колонны обычно поддерживается в пределах 8–12 кПа; давление в верхней части зависит от состояния и площади поверхности теплопередачи дефлегматора и может изменяться в пределах 1–5 кПа. Расход пара и воды на сырцовых установках колеблется в широких пределах и зависит от концентрации спирта в бражке и спирте-сырце, состояния и конструкции установки, а также от режима эксплуатации. На 1 дал спирта-сырца расходуется 18–26 кг пара и 0,1–0,15 м³ воды. Потери при получении спирта обычно не превышают 0,3% спирта, введенного с бражкой.

Ректификованный спирт получают из спирта-сырца или непосредственно из бражки. Из спирта-сырца ректификованный спирт может быть получен на периодически или непрерывно действующих ректификационных установках. Получение ректификованного спирта непосредственно из бражки считается экономически более целесообразным и осуществляется на непрерывно действующих брагоректификационных установках (БРУ), на которых можно выделить спирт из бражки и освободить его от сопутствующих летучих примесей.

В зависимости от способа включения бражной колонны в схему различают брагоректификационные установки прямого, непрямого (косвенного) и полупрямого действия.

Принципиальная особенность *установок прямого действия* заключается в питании спиртовой колонны спиртоводным паром, выходящим непосредственно из бражной колонны. В установках прямого действия (рис. 23а) теплота греющего пара используется двукратно. Свежий греющий пар вводится только в нижнюю часть бражной колонны 1, а элюационная 2 и спиртовая 3 колонны обогреваются спиртоводным паром, выходящим из верхней части бражной колонны. В бражную колонну подают бражку, освобожденную от головных примесей (элюированную), и флегму, поступающую из спиртовой колонны.

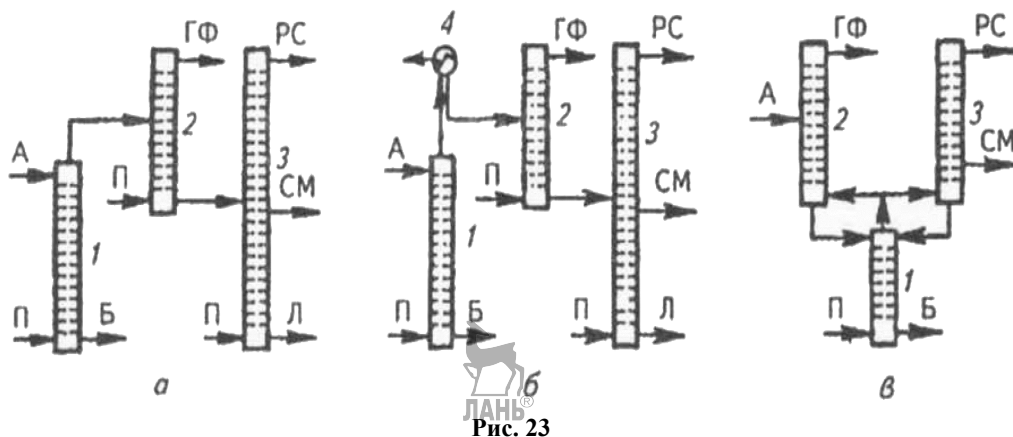


Рис. 23
Принципы построения схем брагоректификационных установок:
а — прямого действия; б, в — непрямого (косвенного) действия.

Колонны: 1 — бражная; 2 — элюационная; 3 — спиртовая; 4 — конденсатор; ГФ — головная фракция; РС — ректификованный спирт; СМ — сивушное масло. Обозначения А, Б, Л, П (см. рис. 22).

Принципиальная особенность *установок непрямого (косвенного) действия* (рис. 23б) — предварительное извлечение из бражки спирта и сопутствующих ему примесей, в результате чего образуется спирт-сырец (бражный дистиллят), который в жидком виде направляется в элюационную колонну, а затем — в спиртовую для очистки. Спиртоводный пар, выходящий из бражной колонны 1, поступает в конденсатор 4. В элюационную колонну 2 подают спиртоводный (бражный) дистиллят, поступающий из конденсатора 4. Спиртоводный дистиллят в колонне 2 очищается от головных примесей под действием свежего пара, который вводится в нижнюю часть колонны. Поступающий

в спиртовую колонну 3 жидкий элюрат освобождается от хвостовых и промежуточных примесей также в результате ввода свежего греющего пара.

Трехколонная брагоректификационная установка косвенно-прямоточного действия. Особенность брагоректификационной установки косвенно-прямоточного действия состоит в элюрации бражки и обогреве элюрационной колонны водно-спиртовыми парами бражной колонны (рис. 24).

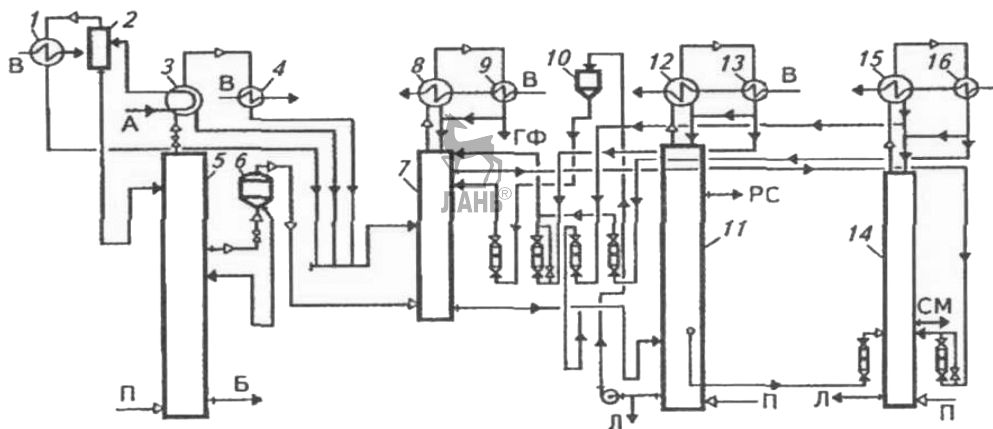


Рис. 24

Схема брагоректификационной установки косвенно-прямоточного действия:

1, 4, 9, 13 и 16 — конденсаторы; 2 — сепаратор диоксида углерода; 3 — подогреватель бражки; 5, 7, 11 и 14 — соответственно брагоэлюрационная, элюрационная, спиртовая и сивушная колонны; 6 — пеноловушка; 8, 12, 15 — дефлегматоры; 10 — напорный сборник лютерной воды. Обозначения: А, Б, В, Л, П (см. рис. 22); СМ, РС, ГФ (см. рис. 23).

Бражная колонна в верхней части имеет 6–11 тарелок, на которых осуществляется элюрация бражки (освобождение от головных примесей), в нижней (отгонной) части — от 17 до 23 тарелок.

Работа установки осуществляется следующим образом. Бражка, нагретая до температуры 70–75°C, пройдя сепаратор диоксида углерода, подается на верхнюю тарелку элюрирующей части бражной колонны. Здесь она подвергается элюрации за счет спиртоводного пара, поступающего из отгонной части бражной колонны. Спиртоводный пар с головными примесями из верхней части брагоэлюрационной колонны конденсируется в подогревателе бражки и конденсаторах. Бражный дистиллят подается на питание элюрационной колонны аналогично установкам косвенного действия.

Бражка, освобожденная при элюрации от основной массы примесей спирта, из элюрирующей части бражной колонны переходит в отгонную ее часть. Греющий пар проходит отгонную часть бражной колонны и делится на два приблизительно равных потока: один поступает на элюрацию бражки, другой — на обогрев элюрационной колонны, предварительно пройдя через пеноловушку. При таких условиях 60–80% спирта, содержащегося в бражке, отводится из верхней части бражной колонны и направляется на тарелку питания элюрационной колонны. Остальная его часть в виде элюрированного спиртоводного пара отводится в кубовую часть элюрационной колонны. В остальном



работа косвенно-прямоточной установки идентична работе установки косвенного действия.

Ректификованный спирт отбирается с 3, 7, 8-й или 10-й тарелки, считая сверху спиртовой колонны, охлаждается в холодильнике, проходит контрольный снаряд и поступает в спиртоприемное отделение. Промежуточные примеси выводят из спиртовой колонны в виде паров сивушного масла с 5, 7, 9-й или 11-й тарелки и сивушного спирта (в жидкой фазе) с 17–20-й и 25-й тарелок, считая снизу колонны. Головные и концевые примеси (головная фракция) выделяются из эспирационной колонны в виде пара, конденсируются и охлаждаются в дефлегматоре и конденсаторе.

Количество отбираемых продуктов зависит от качества перерабатываемого сырья и сорта получаемого спирта-ректификата. При этом, как правило, головной фракции отбирается 0,5–2,0% и более, сивушного масла — 0,2–0,4, сивушного спирта — 0,3–1,5 и спирта-ректификата — 92,5–95% от общего содержания этанола в бражке.

Вакуумная брагоректификационная установка (БРУВАК). В процессе перегонки бражки и ректификации спирта на спиртзаводах расходуется свыше 70% энергоресурсов и воды. Поэтому актуальными являются задачи по совершенствованию технологии и аппаратуры для максимальной экономии пара, электроэнергии и воды. Одним из эффективных путей снижения энергозатрат является внедрение брагоректификационных установок, работающих под вакуумом. Вакуумные установки позволяют снизить удельный расход пара и воды по сравнению с установками косвенного действия не менее чем на 35–45%. Дополнительный расход электроэнергии на создание вакуума составляет всего 0,1 кВт ч/дал спирта.

В зависимости от степени очистки спирт этиловый ректификованный бывает четырех сортов: «Люкс» — 96,3, «Экстра» — 96,5, высшей очистки — 96,2 и 1-го сорта — 96% об. Для производства алкогольных напитков используется спирт «Люкс», «Экстра» и высшей очистки. Спирт «Люкс» и «Экстра» вырабатывают из различных видов зерна (кроме бобовых культур) и смеси зерна и картофеля. Количество крахмала картофеля в смеси не должно превышать 35% при выработке спирта «Люкс» и 60% при выработке спирта «Экстра».

Контрольные вопросы

1. Какие виды сырья используются в производстве пищевого спирта?
2. Какие технологические процессы включает технология производства спирта?
3. Как подготавливают крахмалсодержащее сырье к переработке на спирт?
4. Как контролируют степень измельчения зерна?
5. Как подготавливают осахаривающий материал к переработке на спирт?
6. Какие ферментные препараты используются для осахаривания и в чем их преимущество?
7. С какой целью проводят разваривание крахмалсодержащего сырья?
8. Какие основные процессы протекают при разваривании?

9. Как производят разваривание крахмалсодержащего сырья и в чем преимущества непрерывного разваривания?

10. Каковы особенности технологической схемы подготовки сырья к сбраживанию по В. А. Маринченко?

11. Из каких операций состоит процесс осахаривания крахмалсодержащего сырья?

12. Какие существуют способы осахаривания замеса и в чем их отличие?

13. Каковы особенности осахаривания с одноступенчатым вакуум-охлаждением?

14. Какие основные технологические показатели качества сусла вы знаете?

15. Какие дрожжи применяют в качестве возбудителей спиртового брожения?

16. Как происходит сбраживание осахаренной массы?

17. Какими способами проводят брожение сусла?

18. В чем состоит сущность непрерывно-поточного способа брожения по В. Л. Яровенко?

19. Из каких фаз состоит бражка? Охарактеризуйте каждую из этих фаз.

20. В чем сущность процесса ректификации?

21. В чем заключается цель очистки этилового спирта?

22. Охарактеризуйте основные ректификационные установки.

23. Какова принципиальная особенность установок прямого действия?

24. Особенности установок непрямого (косвенного) действия.

25. В чем особенности трехколонной брагоректификационной установки косвенно-прямоточного действия?

26. Какова принципиальная особенность вакуумной брагоректификационной установки (БРУВАК)?

27. Как различают сорта спирта зависимости от степени очистки?



ГЛАВА 9 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1. Определение запаха и цвета зерна

Общие сведения. Запах и цвет зерна — основные признаки его свежести и доброкачественности. Хорошо созревшее и убранное в нормальных условиях зерно не имеет отклонений по запаху и цвету.

Посторонние запахи могут появляться в результате сорбции зерном пахучих веществ и газов: полынный, чесночный, донниковый, дымный и т. п. Эти запахи могут быть удалены тщательной очисткой и мойкой зерна.

Следующая группа запахов — запахи, приобретенные зерном под воздействием неблагоприятных условий при хранении (запахи разложения). К ним относятся: солодовый (характеризует начало прорастания хранящегося зерна), плесенный (возникает в результате развития плесневых грибов), затхлый (указывает на глубокие изменения в зерне в результате интенсивного развития микроорганизмов), гниlostный (сопровождается глубоким распадом органического вещества зерна). Наличие запахов разложения в зерне ячменя указывает на дефектность, такое зерно непригодно для производства солода и пива.

Цвет зерна — признак ботанической разновидности сорта. Если зерно отклоняется от типичного для сорта цвета — это результат воздействия негативных факторов во время созревания или послеуборочной обработки зерна: повреждение заморозком, высокой температурой при сушке, самосогреванием и т. п. Такое зерно становится обесцвеченным или потемневшим, ухудшаются его потребительские свойства.

Определение запаха и цвета зерна проводят в соответствии с ГОСТ 10967-90.

Определение запаха. Запах определяют в целом и размолом зерне. Из средней пробы отбирают навеску зерна массой около 100 г, помещают в чашку и определяют его запах. Если в зерне ощущается слабый полынный запах, из этой средней пробы отбирают около 100 г зерна, выделяют и удаляют из него корзиночки полыни, размалывают на лабораторной мельнице и определяют наличие полынного запаха.

Если в зерне ощущается посторонний запах, но очень слабый, для того, чтобы его усилить, зерно прогревают. Один из способов заключается в том, что зерно на сите в течение 2–3 мин пропаривают над сосудом с кипящей водой. Затем это зерно помещают на чистый лист бумаги и определяют наличие постороннего запаха. Второй способ: зерно навески помещают в чистую коническую колбу со шлифом, плотно закрывают пробкой и выдерживают в течение 30 мин при температуре 35–40°C. Затем, периодически открывая на короткое время колбу, определяют наличие постороннего запаха. Третий способ: чтобы усилить посторонний запах, зерно размалывают и наличие постороннего запаха определяют в размолом зерне.

Цвет. Определение степени обесцвеченности зерна с использованием эталонов. Съемную чашку в центральной ячейке кассеты (рис. 25) полностью

заполняют зерном, отобранным из средней пробы, и визуально сравнивают с эталонами зерна, находящимися в четырех периферийных ячейках кассеты. Зерно сравнивают сначала с эталоном необесцвеченного зерна, затем с эталонами зерна первой, второй и третьей степеней обесцвеченности. При сравнении зерна пробы с одним из эталонов три других эталона закрывают металлическим экраном. Сравнение проводят визуально при рассеянном дневном свете или при освещении лампами накаливания с использованием рассеивателя.

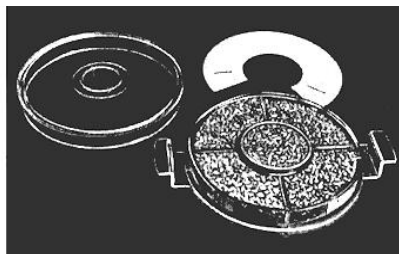


Рис. 25

Кассета пластмассовая с крышкой, со съемной чашкой и металлическим экраном

По результатам сравнения зерну исследуемой пробы присваивают ту степень обесцвеченности, которую имеет эталон зерна, наиболее близкий к нему по цвету.

Определение степени обесцвеченности по результатам разбора навески исследуемого зерна (контрольный метод).

Из средней пробы исследуемого зерна отбирают навеску массой $20,0 \pm 0,1$ г, освобожденную от сорной и зерновой примесей, из которой выделяют зерна каждой стадии обесцвеченности и отдельно их взвешивают.

При этом к зерну I стадии обесцвеченности относят зерна с частичной потерей блеска и с обесцвечиванием в области спинки, к зерну II стадии обесцвеченности — зерна с полной потерей блеска и с обесцвечиванием в области спинки и бочков, к зерну III стадии обесцвеченности — зерна с обесцвечиванием всей поверхности зерна.

Содержание зерен каждой стадии обесцвечивания (X) в процентах вычисляют по формуле

$$X = \frac{m \times 100}{20},$$

где m — масса зерен каждой стадии обесцвечивания, г; 20 — масса навески, г.

Степень обесцвеченности зерна определяют в соответствии с требованиями, указанными в таблице 2.



Таблица 2

Степень обесцвеченности зерна

Степень обесцвеченности зерна	Содержание зерен, %, не более, по стадиям обесцвеченности		
	I	II + III	в том числе III
Нормальное зерно	10	5	Не допускается
Первая	Не ограничивается	25	2
Вторая	То же	Не ограничивается	15
Третья	«	То же	16 и более

Контрольные вопросы

1. Назовите запахи, появляющиеся в зерне в результате сорбции.
2. Какие виды запахов указывают на дефектность зерна?
3. Назовите факторы, вызывающие обесцвеченность или потемнение зерна.
4. Какое зерно относят к первой, второй и третьей стадиям обесцвеченности?

Лабораторная работа № 2. Содержание сорной, зерновой примесей, мелких зерен, определение крупности зерна

Общие сведения. В зерне основной культуры могут находиться в том или ином количестве различные примеси. В зерновую массу при уборке попадают сорняки, части колосьев, кусочки соломы, комочки земли и т. п. Эти компоненты снижают ценность зерновой массы, создают затруднения при послеуборочной обработке и хранении. В составе примесей также могут быть вредные для человека вещества. Часто примеси имеют более высокую влажность, чем основное зерно, из-за этого создаются очаги скопления влаги, что приводит к развитию микроорганизмов и самосогреванию зерновой массы.

Государственный стандарт ГОСТ 30483-97 классифицирует примеси в зерне на две группы — сорную и зерновую, каждая из них неоднозначно влияет на качество зерновой массы.

Компоненты сорной примеси значительно ухудшают качество партии ячменя. К ним относят: минеральную примесь (гальку, комочки земли, частицы шлака, руды и т. п.); органическую примесь (части стеблей и стержней колоса, ости, пленки и т. п.); семена сорных растений; семена культурных растений, не отнесенных к зерновой примеси; испорченные зерна ячменя, пшеницы, полбы, ржи и овса: загнившие, заплесневевшие, поджаренные, обуглившиеся — все с испорченным эндоспермом от коричневого до черного цвета, а также со светлым, но рыхлым, легко рассыпающимся эндоспермом; зерна ячменя, пшеницы, полбы, ржи и овса с полностью выеденным эндоспермом; вредную примесь — спорынью, головню, зерна, пораженные нематодой, плевел опьяняющий, горчак ползучий, софору лисохвостную, термопсис ланцетный (мышатник), вязель разноцветный, гелиотроп опушенноплодный, триходесму седую.

К зерновой примеси относят: зерна ячменя битые и изъеденные независимо от характера и размера повреждений; давленные, с нарушенной оболочкой и открытым эндоспермом; недозрелые (сильно недоразвитые — шуплые), а также зеленые, деформирующиеся при надавливании шпателем; проросшие — с вышедшим наружу корешком или ростком; поврежденные самосогреванием или сушкой, с измененным цветом оболочки и эндоспермом — от кремового до светло-коричневого цвета. К зерновой примеси относят также зерна пшеницы, полбы, ржи и овса целые и поврежденные, не отнесенные по характеру повреждений к сорной примеси.

Определение сорной и зерновой примесей. В начале анализа выделяют крупную сорную примесь. К ней относятся компоненты, оставшиеся на сите,

диаметром 6 мм. Для определения содержания крупной сорной примеси среднюю пробу зерна взвешивают и просеивают круговыми движениями на сите с отверстиями диаметром 6 мм. Из схода с сита вручную выбирают крупную сорную примесь: солому, колосья, комочки земли, гальку, крупные семена сорных растений и т. д. Крупными считают примеси, превышающие по своим размерам зерна ячменя или ржи.

Фракции крупной сорной примеси взвешивают отдельно и выражают в процентах по отношению к массе средней пробы.

Для определения явно выраженных сорной и зерновой примесей из средней пробы, освобожденной от крупной сорной примеси, выделяют навеску 50 г. Навеску просеивают на лабораторных ситах размерами $2,5 \times 20$ и $2,2 \times 20$ мм в течение 3 мин при 110–120 движениях в минуту, размах колебания сит — около 10 см. При наличии рассева просеивание проводят механизированным способом в соответствии с инструкцией к прибору.

Из остатков на каждом сите выделяют фракции сорной и зерновой примесей. Остальной проход целиком относят к сорной примеси. Выделенные фракции сорной и зерновой примесей отдельно взвешивают и выражают в процентах к массе взятой навески.

Содержание вредной примеси определяют в том случае, если при внешнем осмотре партии или в пробах обнаружены спорынья, плевел опьяняющий, вязель разноцветный, горчак ползучий, софлора лисохвостная, гелиотроп опушенноплодный, головня, термopsis ланцетный, триходесма седа. Для определения их содержания из средней пробы выделяют дополнительную навеску массой 500 г. Вредную примесь выделяют по видам, взвешивают и вычисляют в процентах к массе взятой навески.

При определении общего содержания сорной примеси суммируются результаты определений: крупной сорной примеси, оставшейся на сите, диаметром 6 мм; фракций явно выраженной сорной примеси; вредной примеси, выделенной из навески 500 г; прохода через сито $2,2 \times 20$ мм.

Определение общего содержания зерновой примеси вычисляют как сумму результатов определения всех фракций зерновой примеси.

Для определения крупности и содержания мелких зерен выделяют навеску 100 г. Навеску зерна просеивают на лабораторных ситах с размерами отверстий $2,5 \times 20$ мм (сход с сита для определения крупности) и $2,2 \times 20$ мм (проход через сито для определения содержания мелких зерен). Полученные фракции освобождают от примесей и взвешивают с точностью до второго десятичного знака. Результаты выражают в процентах к навеске, взятой для анализа.

Контрольные вопросы

1. Какие фракции выделяются в сорной примеси?
2. Какие компоненты выделяются при определении зерновой примеси?
3. Как определяется крупность зерна?
4. Назовите состав вредной примеси.
5. Какое сито используется для выделения мелкого зерна?

Лабораторная работа № 3.

Определение влажности зерна методом высушивания

Общие сведения. Влажность — основной показатель качества зерна, существенно влияющий на его стойкость во время хранения и определяющий пригодность его к переработке.

Влажность зерна — это количество гигроскопической воды (физико-химически связанной и свободной), выраженное в процентах к массе зерна. Основное значение влажности заключается в том, что с ее изменением меняется содержание сухих веществ, а следовательно, и выход экстракта из единицы массы ячменя. С влажностью связаны многие свойства зерна. С повышением влажности сверх критической активизируется жизнедеятельность самого зерна и находящихся в его массе микробов и амбарных вредителей, что приводит к самосогреванию и порче зерна. Поглощая влагу, зерно набухает, увеличиваются его размеры и объем, вследствие чего крупность ячменя с повышенной влажностью получается выше, чем ячменя с нормальной влажностью.

Содержание влаги в зерне может колебаться в широких пределах, но на сохранность зерна оказывают влияние лишь изменения в узких интервалах. В соответствии с ГОСТ 5060-86 зерно по влажности делится на четыре категории: сухое — при влажности до 14%; средней сухости — свыше 14 до 15,5%; влажное — свыше 15,5 до 17%; сырое — свыше 17%.

В пивоваренной отрасли пищевой промышленности применяется несколько методов высушивания: до постоянной массы в сушильном шкафу; ускоренный в сушильном шкафу; инфракрасными лучами в аппарате Чижовой.

Основным стандартным методом определения влажности зерна является метод ускоренного высушивания размолотого зерна в электрическом сушильном шкафу согласно ГОСТ 13586.5-2015.

Для измерения влажности из средней пробы зерна после тщательного перемешивания выделяют навеску массой (300 ± 10) г и помещают ее в контейнер (контейнеры для хранения подготовленных проб зерна с герметичными крышками, непроницаемые для влаги и воздуха), заполнив его на две трети объема.

Перед проведением измерений бюксы тщательно моют и просушивают в сушильном шкафу при температуре $105 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 60 мин. Подготовленные бюксы хранят в эксикаторе.

В выделенном зерне измеряют влажность с помощью влагомеров для выбора варианта метода и установления продолжительности подсушивания.

Для зерна с влажностью до 17,0% (включительно) измерения проводят без предварительного подсушивания. Для зерна с влажностью свыше 17,0% измерения проводят с предварительным подсушиванием до остаточной влажности в пределах от 9,0 до 17,0%.

Перед началом измерений зерно тщательно перемешивают, встряхивая контейнер в разных направлениях и плоскостях.

Измерение влажности с предварительным подсушиванием. Перед подсушиванием зерна сушильный шкаф разогревают до температуры $110 \pm 2^\circ\text{C}$.

Из зерна отбирают совком из разных мест навеску массой 20,00 г в просушенную и взвешенную сетчатую бюксу. Бюксу закрывают и взвешивают с точностью до 0,01 г.

После взвешивания бюксы с открытыми крышками помещают в сушильный шкаф и проводят подсушивание при температуре $105 \pm 2^\circ\text{C}$.

Продолжительность подсушивания навесок зерна в зависимости от влажности, предварительно измеренной с помощью влагомера, устанавливают по таблице 3.

Таблица 3

Продолжительность подсушивания навесок зерна

Культура	Продолжительность подсушивания с момента восстановления температуры 105°C в камере сушильного шкафа), мин, при влажности, %		
	до 25	от 25 до 35	более 35
Ячмень	7	12	30

По окончании предварительного подсушивания бюксы с зерном вынимают и охлаждают в течение 5 мин (обычно используют охладитель АУО или ОБЛ), а затем взвешивают. Сушильный шкаф разогревают до температуры $140 \pm 2^\circ\text{C}$. Подсушенную и охлажденную навеску зерна переносят из сетчатых бюкс в мельницу и измельчают. Время размола зерна ячменя — 60 с.

Крупность помола контролируют просеиванием навесок на ситах № 1 и 0,8 (по ГОСТ 6613) на гладкой поверхности без встряхивания сит в течение 3 мин при 110–120 круговых движениях в минуту или на лабораторном рассеве в течение 5 мин при частоте вращения 180–200 об/мин. При этом остаток на сите № 1 должен быть не более 5%, проход через сито № 8 — не менее 50%. Если требуемая крупность не обеспечивается, следует увеличить продолжительность размола.

Из эксикатора извлекают две чистые просушенные металлические бюксы и взвешивают с записью результата до второго десятичного знака.

Измельченное зерно сразу переносят в две металлические бюксы и массу каждой навески доводят до 5,00 г.

В сушильный шкаф, разогретый до $140 \pm 2^\circ\text{C}$, быстро помещают бюксы с навесками размолотого зерна, при этом в гнездо сначала ставят крышку, а на крышку — бюксу. Свободные гнезда шкафа заполняют пустыми бюксами.

Время сушки измельченного зерна при температуре $130 \pm 2^\circ\text{C}$ составляет 40 мин.

По завершении высушивания бюксы с измельченным зерном извлекают из сушильного шкафа, закрывают крышками и переносят в эксикатор до полного охлаждения, примерно на 20 мин (но не более 2 ч).

Охлажденные бюксы с измельченным зерном взвешивают с записью результата до второго десятичного знака.

Измерение влажности без предварительного подсушивания. Из зерна, подготовленного для измерения влажности в соответствии с изложенными выше требованиями, выделяют навеску массой 20 г и измельчают. Далее проводят анализ в следующей последовательности. Измельченное зерно сразу переносят

в две металлические бюксы и массу каждой навески доводят до 5,0. В сушильный шкаф, разогретый до $140 \pm 2^\circ\text{C}$, быстро помещают бюксы с навесками размолотого зерна, при этом в гнездо сначала ставят крышку, а на крышку — бюксу. Свободные гнезда шкафа заполняют пустыми бюксами. Время сушки измельченного зерна при температуре $130 \pm 2^\circ\text{C}$ составляет 40 мин. По завершении высушивания бюксы с измельченным зерном извлекают из сушильного шкафа, закрывают крышками и переносят в эксикатор до полного охлаждения, примерно на 20 мин. Охлажденные бюксы с измельченным зерном взвешивают с записью результата до второго десятичного знака.

Влажность зерна при измерении без предварительного подсушивания вычисляют по формуле

$$X = 20 \times (m_1 - m_2),$$

где m_1 — масса навески измельченного зерна до сушки; m_2 — масса навески измельченного зерна после сушки; 20 — коэффициент для расчета влажности, %.

Влажность зерна при измерении с предварительным подсушиванием X_1 , %, вычисляют по формуле

$$X_1 = 100 - m_1 \times m_2,$$

где m_1 — масса навески целого зерна после предварительного подсушивания, г; m_2 — масса навески размолотого зерна после высушивания, г; 100 — коэффициент пересчета, равный 100%.

Промежуточные вычисления по формуле проводят до четвертого десятичного знака, а результат записывают до второго десятичного знака.

Например, при массе навески целого зерна после предварительного подсушивания 16,37 г и при массе навески размолотого зерна после высушивания 4,46 г рассчитываемая влажность зерна составит:

$$X_1 = 100 - 4,46 \times 16,37 = 100 - 73,0102 = 26,99\%.$$

Допускаемое расхождение результатов двух параллельных измерений не должно превышать 0,20%. При превышении допускаемого расхождения результатов двух параллельных измерений испытание повторяют.

За окончательный результат измерения влажности зерна принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных измерений и в журнале регистрации результатов влажности проставляют это значение, округленное до первого десятичного знака.

Округление результатов измерений влажности проводят следующим образом: если первая из отбрасываемых цифр меньше пяти, то последнюю сохраняемую цифру не меняют, если же первая из отбрасываемых цифр больше пяти, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу; если первая из отбрасываемых цифр равна 5, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу, если она нечетная, и отбрасывают, если она четная.

Контрольные вопросы

1. Что называется влажностью?
2. На какие категории по влажности делится зерно?
3. Перечислите методы высушивания до постоянной массы.

4. В чем заключается метод высушивания до постоянной массы?
5. В чем заключается метод ускоренного высушивания?

Лабораторная работа № 4.

Определение массы 1000 зерен

Общие сведения. Масса 1000 зерен указывает на то или иное количество запасных веществ в зерне. Ячмень с высокой массой 1000 зерен содержит больше веществ, от которых зависит плотность пива, он равномернее замачивается и растворяется. Масса 1000 зерен в большой степени зависит от сортовых особенностей, а также подвергается значительному влиянию условий выращивания ячменя. Установлено, что масса 1000 зерен лучших пивоваренных сортов ячменя должна быть в пределах 40–47 г.

В Тюменской области при возделывании пивоваренных сортов ячменя в разных агроклиматических зонах масса 1000 зерен составила: у сорта Ача 45,3–48,1 г, сорта Челябинский 99 — 43,6–48,9 г, сорта Одесский 100 — 45,5–52,0 г.

Ход анализа. Анализ проводят в соответствии с ГОСТ 10842-89 и ГОСТ ISO 520-2014. Из средней пробы отбирают навеску ячменя массой 100 г, выделяют и убирают из нее сорную и зерновую примесь, распределяют зерно ровным слоем в виде квадрата. Квадрат делят по диагонали на 4 треугольника и с противоположных треугольников отбирают по 250 зерен. Пробы из противоположных треугольников суммируют, т. е. получают две пробы по 500 зерен, каждую из которых взвешивают отдельно. Если разница между двумя пробами не превышает 5% их средней массы, то результаты суммируют. Если разница больше, анализ повторяют. Результат массы 1000 зерен выражают до первого десятичного знака.

Например, масса первой пробы 500 зерен ячменя 25,5 г, второй пробы — 30 г. Средняя масса этих проб составляет 27,8 г. Разница между пробами — 0,5 г. В процентах разница составляет: $0,5 \text{ г} / 27,8 \text{ г} \times 100\% = 1,8\%$. Следовательно, различия допустимы. Массу двух проб суммируют: $25,5 \text{ г} + 30,0 \text{ г} = 55,5 \text{ г}$. Это и будет масса 1000 зерен анализируемого образца при фактической влажности зерна.

Если требуется определить массу 1000 зерен в пересчете на сухое вещество, то определяют влажность зерна и конечный результат рассчитывают по формуле

$$m_c = m_{\phi}(100 - v)/100,$$

где m_c — масса 1000 зерен в пересчете на сухое вещество; m_{ϕ} — масса 1000 зерен при фактической влажности зерна; v — влажность зерна.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на величину массы 1000 зерен?
2. Как выделить пробы для определения массы 1000 зерен?
3. В каких пределах колеблется масса 1000 зерен пивоваренного ячменя?
4. По какой формуле определяют массу 1000 зерен в пересчете на сухое вещество?

Лабораторная работа № 5.

Определение энергии прорастания и способности прорастания зерна ячменя

Общие сведения. Для получения солода зерно ячменя проращивается, оно должно иметь высокую способность прорастания. В солоде, приготовленном из плохо прорастающего зерна, снижается активность ферментов, он медленно и неполно осахаривается, затор из него плохо фильтруется, выход экстракта понижается.

Способность прорастания — это отношение количества зерен, проросших за 120 ч, к общему количеству анализируемых зерен, выраженное в процентах.

Определение способности прорастания зерна ячменя проводят через 45 сут после уборки.

Метод определения способности прорастания изложен в ГОСТ 10968-88.

Ход анализа. Из средней пробы зерна ячменя выделяют 50 г. Из выделенной навески отбирают две пробы по 500 зерен каждая. Зерна должны быть целыми, неповрежденными.

Стеклянную воронку (диаметром 100 мм) закрепляют в штативе. На конец воронки надевают резиновую трубку с зажимом. В отверстие воронки помещают стеклянный шарик или согнутую под углом стеклянную палочку для того, чтобы избежать проскакивания зерна.

Каждую пробу помещают в воронку, зажим на резиновой трубке закрывают, зерно в воронке заливают водой, уровень воды в воронке должен быть на 1,5–2 см выше поверхности зерна. Температура воды должна быть в пределах 18–22°C. Если температура воздуха в лаборатории более 22°C, зерно в воронке заливают 0,03%-ным раствором хлорной извести, чтобы избежать заплесневения зерна.

Через 4 ч зажим открывают и жидкость из воронки сливают. Если зерно замачивали в хлорной извести, то его промывают водой при закрытом зажиме, перемешивая стеклянной палочкой. Затем открывают зажим и сливают воду. Это повторяют 3–4 раза. После слива воды зерно на 16–18 ч оставляют в воронке с открытым зажимом. Воронку накрывают стеклянной крышкой с влажной фильтровальной бумагой на внутренней стороне, чтобы избежать подсыхания зерна.

Через 16–18 ч зажим закрывают и зерно заливают водой на 4 ч. Затем зажим открывают, воду сливают, воронку закрывают стеклянной крышкой с влажной фильтровальной бумагой на внутренней стороне и оставляют на 22–24 ч. По истечении этого времени зажим закрывают, зерно заливают водой и осторожно перемешивают стеклянной палочкой. Затем зажим открывают, воду сливают, а зерно оставляют в воронке, закрытой стеклянной крышкой с влажной фильтровальной бумагой на внутренней стороне на 72 ч, т. е. до конца проращивания. В это время по мере подсыхания зерна заполняют воронку с зерном водой при открытом зажиме. Увлажняют также и фильтровальную бумагу.

Через 72 ч (т. е. через 120 ч после начала определения) зерно из воронки высыпают на разборную доску и подсчитывают количество непроросших зерен.

Способность прорастания зерна каждой пробы в процентах вычисляют по формуле

$$X = (500 - n) / 500 \times 100,$$

где n — количество непроросших зерен, шт.; 500 — количество зерен в пробе, шт.

За окончательный результат способности прорастания принимают среднее арифметическое результатов определения двух проб, если расхождение между ними не превышает 5%, при средней величине 90% и более. Если их средняя величина менее 90%, то допустимое расхождение составляет 7%.

При превышении допустимых расхождений определение повторяют.

Окончательный результат способности прорастания вычисляют до первого десятичного знака с последующим округлением до целого числа.

Контрольные вопросы

1. Как влияет способность прорастания на качество сырья для производства солода?
2. Дайте определение способности прорастания.
3. Какое количество зерен в пробах анализируется на прорастание?
4. По какой формуле рассчитывается способность прорастания?

Лабораторная работа № 6.

Определение содержания крахмала в зерне

Общие сведения. Крахмал — основное экстрактивное вещество в пивоварении. Как правило, чем больше в зерне содержится крахмала, тем более ценен сорт для целей пивоварения. Основным методом, применяемым для арбитражных анализов, является *поляриметрический метод Эверса* (ГОСТ 10845-98). Сущность поляриметрического метода определения крахмала заключается в растворении крахмала, содержащегося в зерне или продуктах его переработки, в горячем разбавленном растворе соляной кислоты, осаждении и фильтровании растворенных белковых веществ и измерении оптического угла вращения раствора крахмала на поляриметре (сахариметре) (рис. 26).

Ход анализа. Из средней пробы зерна или продукта его переработки вручную или при помощи делителя выделяют навеску $50,0 \pm 0,1$ г. Зерно или крупу очищают от сорной примеси, за исключением испорченных зерен или ядер.

Очищенное зерно, отруби или крупу размалывают на лабораторной мельнице так, чтобы весь размолотый продукт прошел при просеивании через сито из тканой сетки № 08.

Зерно, влажность которого превышает 17%, перед размолом подсушивают на воздухе или в одном из следующих устройств: сушильном шкафу, термостате, лабораторном сушильном аппарате ЛСА при температуре воздуха не выше 50°C .

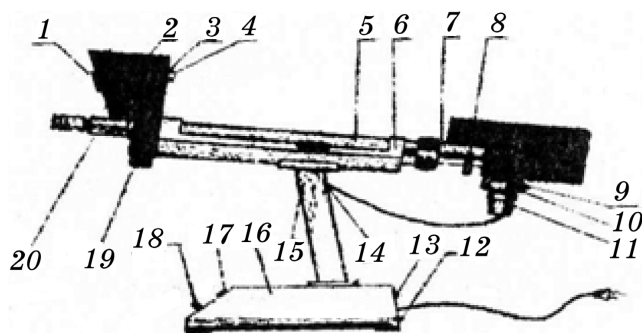


Рис. 26

Сахариметр СУ-5 для определения крахмала:

1 — лупа; 2 — измерительная головка; 3 — механизм установки конуса; 4 — ключ; 5 — кюветное отделение; 6 — траверса; 7 — оправа поляризатора; 8 — узел светофильтров; 9 — фиксирующий винт; 10 — гайка регулировочная; 11 — осветительный узел; 12 — винт заземления; 13 — вставка плавкая; 14 — вилка разъема; 15 — стойка; 16 — основание; 17 — кнопка; 18 — ручка резистора; 19 — рукоятка клинового компенсатора; 20 — зрительная трубка.

Из тщательно перемешанного материала отбирают и взвешивают две параллельные навески массой 5,00 г.

Одновременно со взятием навесок для анализа отбирают две навески для определения влажности.

Каждую из двух параллельных навесок продукта помещают в мерную колбу вместимостью 100 см³. В колбу наливают 25 см³ раствора соляной кислоты и перемешивают содержимое легким встряхиванием, добиваясь полного смачивания муки и исчезновения комочков.

Затем, смывая частицы продукта со стенок, в колбу добавляют еще 25 см³ раствора соляной кислоты.

Мерную колбу при постоянном встряхивании содержимого погружают в кипящую водяную баню так, чтобы вода покрывала широкую часть колбы. Необходимо следить, чтобы кипение воды в водяной бане не прекращалось из-за погружения колбы.

В течение 3 мин колбу с содержимым покачивают, не вынимая ее из водяной бани. Затем колбу выдерживают в водяной бане еще 12 мин без перемешивания содержимого.

По истечении 15 мин колбу извлекают из водяной бани, а к ее содержимому приливают 20 см³ холодной дистиллированной воды. Охлаждают раствор в колбе до температуры 20±1°С путем помещения колбы в проточную воду.

Белковые вещества в растворе осаждают, добавляя 1 см³ сернокислого цинка, а после перемешивания 1 см³ железистосинеродистого калия при энергичном встряхивании содержимого колбы.

Допускается проводить осаждение белков путем добавления 5 см³ молибденовокислого аммония с массовой долей 10,0% или 3 см³ молибденовокислого натрия с массовой долей 15,0%, а также 5 см³ раствора фосфорно-вольфрамовой кислоты с массовой долей 4,0%.

Необходимо защищать растворы солей молибдена от попадания прямых солнечных лучей.

Пену, образующуюся в растворе после добавления осадителей, следует погасить 1–2 каплями этилового эфира.

Объем раствора в колбе доводят до отметки на горловине колбы дистиллированной водой.

Затем содержимое колбы тщательно перемешивают и фильтруют через сухой складчатый бумажный фильтр в сухую колбу. Во избежание испарения раствора при фильтрации воронку накрывают стеклом.

Первую мутную порцию фильтрата выливают из колбы. Последующим фильтратом заполняют трубку поляриметра (сахариметра) таким образом, чтобы при повороте трубки в вертикальное положение раствор выступал над краями трубки в виде выпуклого мениска.

Закрывают трубку покровным стеклом, не оставляя в ней пузырьков воздуха, и трубку снаружи досуха протирают.

Раствор поляризуют, добиваясь однородности окраски поля.

В момент достижения однородности окраски поля снимают отсчет показаний шкалы поляриметра (сахариметра).

Определение одного образца повторяют на трех порциях фильтрата из одной колбы, добиваясь, чтобы расхождения между крайними значениями отсчетов не превышали 0,1 градуса шкалы.

Если это условие не выполняется, то проводят отсчеты на большем количестве порций фильтрата до тех пор, пока расхождения между крайними значениями трех любых отсчетов не будут превышать 0,1 градуса шкалы.

Среднее арифметическое трех отсчетов, расхождение между которыми не превышает допускаемую норму, является исходным значением для дальнейших вычислений содержания крахмала.

Содержание крахмала в зерне или продуктах его переработки (X) в пересчете на сухое вещество в процентах вычисляют по формуле

$$X = \frac{a \times K \times 100}{100 - W},$$

где K — переводной коэффициент для ячменя — 1,912; a — показания сахариметра; W — влажность продукта, %.

Примечание. Переводные коэффициенты рассчитаны при длине трубки поляриметра (сахариметра), равной 200 мм. При использовании трубки длиной 100 мм полученные по формулам результаты необходимо умножить на 2.

Например, для анализа отбирают 5 г ячменной муки влажностью 12%. При поляризации в трубке длиной 20 см среднее значение показаний сахариметра составляло 29,5. Содержание крахмала в ячмене составляет:

$$X = \frac{1,912 \times 29,5 \times 100}{100 - 12} = 64,10\%.$$

Контрольные вопросы

1. В чем суть поляриметрического метода Эверса?
2. Каким образом производят измерения содержания крахмала в сахариметре СУ-5?
3. В чем заключается принцип действия сахариметра СУ-5?

Лабораторная работа № 7. Определение пленчатости зерна

Общие сведения. Пленчатость — важный показатель, определяющий потребительские свойства зерна ячменя. Под этим термином понимают отношение массы цветочных пленок к массе зерна в процентах. С увеличением пленчатости соответственно уменьшается доля других сухих веществ зерна, и прежде всего крахмала, поэтому экстрактивность толстопленчатых ячменей ниже, чем тонкопленчатых. Кроме того, толстая пленка содержит больше дубильных и горьких веществ, понижающих качество пива, поэтому пленчатость является важным показателем в оценке качества ячменя.

Пленчатость ячменя выводят как среднее из двух параллельных определений. Для пивоваренного ячменя она должна быть в пределах 7–9% и не выше 10%.

Цветочные пленки ячменя прочно приклеены к ядру пектиновыми веществами. Чтобы снять их, нужно сначала растворить пектиновые вещества.

Ход анализа. Отобрать две пробы по 50 зерен с неповрежденными цветочными пленками, каждую пробу взвесить.

Зерна высыпать в пробирки, залить 10 мл 3%-ного раствора NaOH комнатной температуры и выдерживать без нагревания 1 ч 15 мин. Затем слить щелочной раствор, перенести зерна в воронку с сетчатым дном и промыть под слабой струей холодной воды. Обработанные таким образом зерна поместить в чашки Петри (или другую удобную емкость) залить небольшим количеством воды, чтобы предотвратить подсыхание.

Осторожно снять пинцетом пленку сначала с прилегающей к зародышу спинной, а затем с брюшной части зерна.

Пленки от каждой пробы поместить в бюксы и высушивать при температуре 130°C 40 мин или при температуре 105°C 3 ч. Одновременно высушивают 12 подготовленных проб или 6 сортообразцов. Во время обработки оболочка теряет в среднем 1/12 часть массы. Это учитывается при расчетах.

Высушенную пленку охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Параллельно определяют влажность анализируемой навески зерна.

Подсчет результатов ведут по формуле

$$П_в = \frac{M_1}{M_2} \times 100 + \frac{M_1 + 100}{M_2 \times 12},$$

где $П_в$ — пленчатость ячменя на воздушно сухое зерно, %; M_1 — масса высушенных оболочек, г; M_2 — масса 50 зерен ячменя в пробе, г.

Примечание. Опытами установлено, что разницей в массе пленки на абсолютно сухое и воздушно сухое состояние можно пренебречь.

Например, масса 50 зерен ячменя равна 2,51 г, а масса пленок — 0,16 г. Пленчатость на воздушно сухое вещество будет составлять:

$$П_{\text{в}} = \frac{0,16}{2,51} \times 100 + \left(\frac{0,16 + 100}{2,51 \times 12} \right) = 0,06 \times 100 + \frac{100,16}{30,12} = 6,00 + 3,33 = 9,33\%.$$

Пленчатость на абсолютно сухое вещество вычисляют по формуле

$$П_{\text{а.в.}} = \frac{П_{\text{в}} \times 100}{100 - W},$$

где $П_{\text{а.в.}}$ — пленчатость на абсолютно сухое вещество, %; W — влажность пробы, %

Например, влажность (W) пробы будет 11,5%. $П_{\text{а.в.}} = \frac{9,33 \times 100}{100 - 11,5} = 10,5\%.$

Контрольные вопросы

1. Что называют пленчатостью зерна?
2. Какова должна быть пленчатость у пивоваренного ячменя?
3. Формула расчета пленчатости ячменя.

Лабораторная работа № 8. Определение титруемой кислотности зерна

Общие сведения. Зрелый ячмень в нормальном состоянии имеет слабо-кислую реакцию, которая обуславливается главным образом присутствием небольших количеств органических кислот (молочной, муравьиной, яблочной и др.), а также кислых солей фосфорной кислоты. Повышенная кислотность поступающего на завод зерна или увеличение ее в процессе хранения является одним из показателей порчи.

Титруемая кислотность выражается в градусах. 1° кислотности равняется 1 мл 1 н. раствора гидроксида натрия, пошедшего на нейтрализацию кислот в 100 г зерна. Кислотность здорового ячменя колеблется в пределах 1–3. Более высокая кислотность указывает на ухудшение качества ячменя. В испорченном зерне кислотность может достигать 7–8° и более.

Метод определения кислотности зерна изложен в ГОСТ 10844-74.

Метод основан на титровании водной суспензии размолотого зерна 0,1 н. раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина. При титровании щелочь связывается не только перешедшими в раствор кислыми веществами, но и веществами частиц муки, вследствие чего кислотность по болтушке получается несколько завышенной. Результаты определения в большей степени зависят от тонкости помола, поэтому его обязательно проверяют.

Ход анализа. Из среднего образца зерна отбирают 50 г ячменя, очищают его от сорной примеси (испорченные зерна оставляют) и размалывают на мельнице так, чтобы все размолотое зерно проходило при просеивании через металлотканое сито № 08. Муку помещают на стеклянную пластинку, перемешивают, распределяют ровным слоем так, чтобы после придавливания другой пла-

стинкой слой муки получился не толще 3–4 мм. Удалив верхнее стекло, отбирают не менее чем из 10 мест 5 г муки и взвешивают с точностью до $\pm 0,01$. Навеску переносят в сухую коническую колбу на 100–150 мл, добавляют 50 мл дистиллированной воды (сначала небольшими порциями до полного смачивания), хорошо перемешивают до исчезновения комочков, после чего смывают со стенок частицы муки водой. В болтушку добавляют 5 капель 1%-ного раствора фенолфталеина и титруют при взбалтывании 0,1 н. NaOH до появления отчетливого розового окрашивания, не исчезающего при стоянии в течение 1 мин.

Если сама болтушка имеет интенсивную окраску, то готовят еще одну болтушку из этой пробы ячменя и при титровании сравнивают изменение цвета с начальным цветом болтушки.

Кислотность X рассчитывают по формуле

$$X = \frac{V \times 100}{m \times 10},$$

где V — объем точно 0,1 моль/дм³ (н.) раствора щелочи (с учетом поправочного коэффициента к титру щелочи), израсходованный на титрование, см³.

За фактическую кислотность принимают среднее арифметическое из двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать $\pm 0,2$.

Например, на определение взято 5 г муки влажностью 12,8%. На титрование болтушки израсходовано 1,2 мл 0,1 н. раствора щелочи.

Кислотность воздушно-сухого ячменя:

$$X = \frac{1,2 \times 100}{5 \times 10} = 2,4$$

или в пересчете на сухое вещество:

$$X = \frac{2,4 \times 100}{100 - 12,8} = 2,7.$$

Контрольные вопросы

1. Какую кислотность имеет зрелое зерно ячменя и чем это обусловлено?
2. В чем выражается и как определяется титруемая кислотность зерна?
3. На чем основан метод определения кислотности зерна по болтушке?

Лабораторная работа № 9. Определение содержания белка

Общие сведения. Зерно ячменя — лучшее сырье для пивоварения, и в этом плане среди других культур вне конкуренции. Пивоваренные сорта выращиваются в южных зонах, наиболее благоприятных для формирования зерна с высокими пивоваренными качествами, содержанием белка не более 12%.

В Тюменской области содержание белка в зерне районированных сортов ячменя варьирует в зависимости от агроклиматической зоны выращивания в пределах 11,5–13,6%.

Метод определения кислотности зерна изложен в ГОСТ 10846-91.

Ход анализа. Из среднего образца отделяют 30–50 г ячменя, удаляют из него сорную примесь (кроме испорченных зерен), измельчают на лабораторной мельнице так, чтобы размолотое зерно полностью проходило через проволочное сито из проволочной сетки 0,8 мм (ТУ 14-4-1374).

При размоле на мельнице зерно, влажность которого превышает 17%, предварительно подсушивают на воздухе или в одном из следующих устройств: сушильном шкафу, термостате, лабораторном сушильном аппарате ЛСА при температуре воздуха не более 50°C.

Из тщательно перемешанного материала отбирают и помещают в чистую и сухую пробирку, свободно входящую в колбу Кьельдаля, или используют пробирку из стекла ТС (Velp), поочередно две навески массой 0,3–0,7 г каждая. Пробирку с навеской взвешивают на весах с погрешностью $\pm 0,001$ г, помещают как можно глубже в колбу Кьельдаля (во избежание распыления продукта по стенкам колбы) и осторожно высыпают продукт из пробирки. Пустую пробирку взвешивают. По разности между результатами первого и второго взвешивания устанавливают массу навески.

Для облегчения введения пробирки с навеской в колбу Кьельдаля на запаянный конец пробирки надевают резиновую трубку.

Допускается взвешивать навеску на обеззоленном фильтре размером 3×3 см. Фильтр с навеской сворачивают и помещают в колбу Кьельдаля.

Примечание. При взятии навески на обеззоленном фильтре в «холостом» определении проводят обязательное сжигание фильтра.

Одновременно со взятием навесок для анализа берут навески для определения влажности.

Подготовка реактивов и растворов.

Для приготовления катализатора 1 взвешивают 10,0 г сернокислой меди, 100,0 г сернокислого калия и 2,0 г селена, помещают навеску в ступку и смесь тщательно растирают до получения однородного мелкозернистого порошка.

Для приготовления катализатора 2 взвешивают 10,0 г сернокислой меди и 300,0 г сернокислого калия, помещают навески в ступку и смесь тщательно растирают до получения однородного мелкозернистого порошка.

Для приготовления раствора индикатора взвешивают 0,2 г метилового красного и 0,1 г бромкрезолового зеленого; растворяют навески в 100 см³ 96%-ного этилового спирта.

Для приготовления 0,05 моль/дм³ раствора серной кислоты используют концентрированную кислоту по ГОСТ 25791 и титр серной кислоты в соответствии со стандартами и правилами, приложенными к комплекту.

Для приготовления 0,1 моль/дм³ раствора гидроокиси натрия используют натрия гидроокись и титр натрия гидроокиси в соответствии со стандартами и правилами, приложенными к комплекту.

Для приготовления раствора борной кислоты массовой концентрации 40 г/дм³ взвешивают 40 г борной кислоты, растворяют навеску в небольшом количестве воды при нагревании, а затем раствор переносят в мерную колбу

вместимостью 1000 см³, объем которой после охлаждения раствора доводят до метки дистиллированной водой.

Разрушение органического вещества. В колбу Кьельдаля или пробирку из стекла ТС (Velp) с навеской добавляют 1,5–2,0 г катализатора 1 или 2 и осторожно вливают 10–15 см³ концентрированной серной кислоты. Содержимое перемешивают покачиванием колбы, добиваясь полного смачивания навески.

Допускается в колбу Кьельдаля или пробирку из стекла ТС (Velp) с навеской вместо катализатора 1 или 2 добавлять 7–10 см³ раствора перекиси водорода объемной долей 30% и после прекращения бурной реакции приливать 7–10 см³ концентрированной серной кислоты.

Нагревание колбы или пробирки из стекла ТС (Velp) проводят в вытяжном шкафу или помещении с принудительной вентиляцией.

В горлышко колбы Кьельдаля или пробирки из стекла ТС (Velp) вставляют маленькую стеклянную воронку или втулку для уменьшения улетучивания паров кислоты во время нагревания. Допускается при нагреве пробирок из стекла подключать скруббер (устройство, используемое для очистки твердых или газообразных сред от примесей в различных химико-технологических процессах).

Начальное нагревание колбы проводят под наблюдением при слабом накали электроплитки или на слабом пламени газовой горелки медленно, ввиду возможного образования пены, которая может подняться в горлышко колбы или даже перелиться через край. При нагреве пробирок из стекла на дигесторе нужно установить необходимую температуру для сжигания, состоящую из 2–3 степеней нагрева. Дигестор — печь для мокрого озоления, полуавтоматическая установка для проведения разложения по методу Кьельдаля.

После прекращения образования пены усиливают нагревание колбы и доводят ее содержимое до кипения. Дальнейшая интенсивность кипения раствора в колбе должна быть такой, чтобы пары кислоты конденсировались в средней части горлышка колбы Кьельдаля или пробирки из стекла ТС (Velp).

Во время нагревания колбы следят за тем, чтобы на стенках колбы не оставалось черных несгоревших частиц продукта. Если их обнаруживают, то смывают небольшим количеством серной кислоты, которую добавляют в колбу, или легким встряхиванием содержимого колбы.

Раствор в колбе или пробирке из стекла ТС (Velp) кипятят до тех пор, пока он не станет прозрачным (допускается слегка зеленоватый оттенок). Затем проводят дополнительное нагревание колбы еще в течение 30 мин, после чего сжигание заканчивают.

Колбу охлаждают и к ее содержимому постепенно приливают 70 см³ дистиллированной воды, слегка взбалтывая раствор. Полученный раствор снова охлаждают. При отгонке на UDK 142 (Velp) данную операцию делает сам прибор.

Отгонка аммиака. После процесса сжигания проб пробирки из стекла фирмы (Velp) уносят в аппарат для отгонки проб UDK 142. Данный прибор сам приливает щелочь, дистиллированную воду и борную кислоту. Продолжительность отгонки 5 мин.

Титрование. В приемную колбу перед титрованием прибавляем 3–4 капли смешанного индикатора. При отгонке аммиака в раствор борной кислоты аммиак, содержащийся в приемной конической колбе, оттитровывают 0,05 моль/дм³ раствором серной кислоты до перехода окраски индикатора из зеленой в розовую.

При отгонке аммиака в раствор серной кислоты содержимое конической колбы (избыток 0,05 моль/дм³ раствора серной кислоты) титруют 0,1 моль/дм³ раствором гидроокиси натрия до перехода окраски в зеленую.

Определение азота в реактивах и воде.

Одновременно с определением азота в зерне и продуктах его переработки проводят анализ на выявление загрязнения воды и реактивов азотом (холостое определение). Для этого проводят весь анализ в соответствии с требованиями данной методики, за исключением взятия навески.

Если для взятия навески использовался обеззоленный фильтр, то аналогичный фильтр также должен быть использован в анализе на выявление загрязнения реактивов и воды азотом.

Определение азота в реактивах проводят каждый раз после замены партий реактивов.

Обработка результатов. При отгонке аммиака в раствор борной или серной кислоты содержание азота (X_1) в зерне или продуктах его переработки при фактической влажности в процентах вычисляют по формуле

$$X_1 = \frac{(V_1 - V_0) \times K \times 0,0014 \times 100}{m},$$

где m — масса навески, г; V_1 — объем раствора серной кислоты, пошедший на титрование аммиака в растворе, см³; K — поправка к титру 0,05 моль/дм³ раствора серной кислоты (при приготовлении раствора из концентрированной серной кислоты); 0,0014 — количество азота, эквивалентное 1 см³ 0,05 моль/дм³ раствора серной кислоты, г; V_0 — объем 0,05 моль/дм³ раствора серной кислоты, пошедшего на титрование в «холостом» определении, см³.

Вычисления проводят до третьего десятичного знака с последующим округлением результата до второго десятичного знака.

За окончательный результат определения азота принимают среднее арифметическое результатов ($\bar{X}$) двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать $0,051 + 0,014 \bar{X}$.

Допускаемые расхождения при контрольных определениях азота не должны превышать $0,04 + 0,045 \bar{X}$, где $\bar{X}$ — среднее арифметическое результатов первоначального и контрольного определений.

Содержание азота в зерне и продуктах его переработки в пересчете на сухое вещество (X_2) в процентах вычисляют по формуле

$$X_2 = \frac{X_1 \times 100}{100 - W},$$

где X_1 — содержание азота в зерне или продуктах его переработки при фактической влажности, %; W — влажность зерна или продуктов его переработки, %.

Содержание белка в зерне или продуктах его переработки (X_3) и (X_4) в процентах вычисляют по формулам:

$$X_3 \text{ (при фактической влажности)} = 6,25 \times X_1;$$

$$X_4 \text{ (в пересчете на сухое вещество)} = 6,25 \times X_2,$$

где 6,25 — коэффициент пересчета содержания азота на белок в пивоваренном ячмене.

Контрольные вопросы

1. Каким образом вычисляют содержание белковых веществ в зерне?
2. Каково содержание белка в пивоваренном ячмене?
3. Каков коэффициент перевода белка для пивоваренного ячменя?
4. Ход работы на установке Кьельдаля.

Лабораторная работа № 10.

Хмель как сырье для пивоварения. Оценка качества хмеля

Общие сведения. Незаменимым сырьем в пивоварении является хмель, который придает специфический вкус и аромат напитку, обладает антисептическими свойствами и способствует коагуляции белков при кипячении сусла. Хмель применяется шишковой, прессованный, молотый, брикетированный, гранулированный и в виде хмелевых экстрактов.

К прессованному шишковому хмелю по ГОСТ 21947-76 предъявляются требования с учетом базисных и ограничительных норм.

Базисные нормы предусматривают в хмеле: цвет — светло-желто-зеленый, шишки хмеля могут быть с покрасневшими кончиками лепестков; содержание α -кислоты в пересчете на сухое вещество — 3,5%; влажность — 13%.

Ограничительные нормы допускают: цвет — зеленый, желтовато-зеленый, зеленовато-желтый, желтый с коричневыми пятнами, бурый; содержание α -кислоты в пересчете на сухое вещество — не менее 2,5%; содержание хмелевых примесей для хмеля машинного сбора — не более 10%, ручного сбора — не более 5%; содержание золы в пересчете на сухое вещество — не более 14%; влажность — 11–13%; содержание семян — не более 4%, осыпавшихся лепестков — не более 25%.

При хранении хмеля даже в благоприятных условиях его качество постепенно ухудшается. Кроме того, охмеление шишковым хмелем экономически неэффективно, так как при этом теряется 70–80% горьких веществ. В последнее время широко используют продукты переработки хмеля, позволяющие повысить степень использования горьких веществ, стойкость ценных компонентов в процессе хранения хмелевых препаратов, сократить расходы на хранение и транспортирование, упростить способ применения и, наконец, улучшить стабильность и качество охмеления сусла и пива.

Продуктами переработки хмеля — хмелепродуктами являются молотый брикетированный хмель, гранулированный хмель, хмелевые экстракты (неизомеризованные и изомеризованные), комбинированные препараты хмеля.

Молотый брикетированный хмель получают из шишкового хмеля путем предварительной его подсушки до влажности 6–6,5%. Подсушенный хмель измельчают на молотковой дробилке и прессуют в брикеты массой 280–300 г, упаковывают в мешочки из полимерной пленки, которые закрывают под вакуумом.

Влажность готовых брикетов должна быть не менее 6 и не более 7%; содержание α -кислоты — не менее 3,0–3,5%.

Гранулированный хмель получают из хмеля-сырца путем предварительной подсушки до влажности 6–7% с последующим измельчением, получением гранул и их охлаждением. Гранулированный хмель фасуют в пакеты из полимерной пленки массой до 5 кг и быстро упаковывают под вакуумом.

Гранулы диаметром 10 мм и длиной 15–17 мм имеют хмелевой запах, зеленый цвет, влажность не более 13%, содержание α -кислоты не менее 2,5%.

При замене шишкового хмеля молотым брикетированным или гранулированным хмелем степень использования горьких веществ увеличивается на 10–15%.

Хмелевые экстракты. Горькие вещества хмеля наиболее эффективно используются в виде различных хмелевых экстрактов, которые получают путем экстрагирования шишкового хмеля органическими и неорганическими растворителями. Поскольку при этом не исключена возможность попадания в готовое пиво растворителей, применяют только нетоксичные растворители.

CO₂ — экстракт хмеля, получают путем обработки измельченного шишкового хмеля жидким диоксидом углерода при температуре 20–25°C и давлении 4,5–5,9 МПа в течение 1–1,5 ч с последующим концентрированием. Представляет собой мазеобразную массу от желтого до светло-коричневого цвета, с хмелевым запахом и горьким вкусом; содержание сухих веществ — не менее 80%; содержание α -кислоты — не менее 28%.

Диоксид углерода извлекает из хмеля горькие и ароматические вещества, а полифенольные вещества в нем нерастворимы.

Экстракт хмеля (спиртовый) получают экстрагированием хмеля 96%-ным этиловым спиртом. После экстракции этанол отделяют под вакуумом, а экстракт концентрируют до содержания сухих веществ не менее 60%. В этаноле полностью растворяются горькие и ароматические вещества и частично полифенольные вещества. Для более полного извлечения полифенольных веществ проводят вторую стадию экстракции — обработку горячей водой.

Экстракт хмеля имеет вид густого сиропа темно-зеленого цвета с коричневым оттенком, с хмелевым запахом. Содержание α -кислоты — не менее 12% при использовании для приготовления экстракта хмеля базисных норм качества хмеля; при ограничительных нормах качества — не менее 9%. Степень использования горьких веществ в виде экстрактов повышается на 20–25% с заменой им 25–75% хмелевых шишек.

Контрольные вопросы

1. Перечислите базисные нормы качества хмеля.
2. Каким образом получают гранулированный хмель?

3. Какова должна быть влажность молотого брикетированного хмеля?
4. Каким образом получают CO_2 -экстракт хмеля?
5. Дайте характеристику органолептическим показателям экстракта хмеля.

Лабораторная работа № 11.

Определение зольности хмеля

Общие сведения. Зольность — отношение массы золы, оставшейся после прокаливания навески хмеля, к массе навески.

Зольность может быть обусловлена содержанием минеральных веществ в хмеле, не влияющих на процессы пивоварения, а также загрязненностью хмеля песком и глиной, которая отрицательно сказывается на последующих процессах.

Ход анализа. Из пробы, предназначенной для испытания, выделяют 20–30 г продукта, переносят его на стеклянную пластинку и двумя плоскими совочками смешивают. Затем придавливают другим стеклом такого же размера, чтобы продукт распределился ровным слоем толщиной 3–4 мм.

Удалив верхнее стекло, отбирают по две навески не менее чем из десяти разных мест по 1,0–1,5 г. Навески помещают в два тигля, предварительно прокаленных до постоянной массы, охлажденных в эксикаторе при температуре окружающей среды и взвешенных на весах с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,1$.

Для пересчета на сухое вещество определяют влажность хмеля.

Взвешивают тигли с навесками на весах с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,02$ г, после чего рассчитывают точную массу навески m_n по формуле

$$m_n = m_{\text{тн}} - m_{\text{т}},$$

где $m_{\text{тн}}$ — масса тигля с навеской; $m_{\text{т}}$ — масса пустого тигля.

Взвешенные тигли с навесками помещают в муфельную печь у дверцы (или на дверцу, если она откидывается), нагревают от 400 до 500°C (темно-красное каление), и обугливают навески, не допуская воспламенения продукта сухой перегонки. После прекращения выделения продуктов сухой перегонки тигли задвигают в муфельную печь и закрывают дверцу, затем муфельную печь нагревают от 600 до 900°C (ярко-красное каление).

Озоление ведут до полного исчезновения черных частиц, пока цвет золы не станет белым или слегка сероватым, после чего тигли переносят в эксикатор для охлаждения при температуре окружающей среды.

После охлаждения в эксикаторе тигли взвешивают, затем вторично прокаливают не менее 20 мин в муфельной печи при температуре от 600 до 900°C. Озоление считают законченным, если масса тиглей с золой после повторного взвешивания изменилась не более чем на 0,0002 г. Если масса тиглей с золой уменьшилась более чем на 0,0002 г, прокаливание повторяют еще раз. В случае увеличения массы тиглей с золой после повторного прокаливания выбирают меньшее значение массы.

Массу золы m_3 , г, полученную после сжигания навески муки или отрубей, рассчитывают по формуле

$$m_3 = m_1 - m_2,$$

где m_1 — масса тигля после озоления, г; m_2 — масса пустого тигля.

Зольность X_1 , %, хмеля при фактической влажности рассчитывают по формуле



$$X_1 = \frac{m_3}{m_n} \times 100,$$

где m_3 — масса золы г; m_n — масса навески хмеля, г.

Зольность X_2 , %, хмеля в пересчете на сухое вещество рассчитывают по формуле

$$X_2 = \frac{X_1 \times 100}{100 - W},$$

где m_3 — масса золы г; m_n — масса навески хмеля, г; W — влажность хмеля.

Контрольные вопросы

1. Что такое зольность?
2. Чем может быть обусловлена зольность?
3. Ход работы определения зольности.



ГЛОССАРИЙ

Биологическое помутнение пива происходит из-за того, что в пиво попадают микроорганизмы.

Бражка образуется в результате спиртового брожения. Состоит из трех фаз: жидкой, газообразной и твердой. Основную долю из суммы трех фаз составляет жидкая фаза. Она состоит из воды, этилового спирта с сопутствующими легколетучими примесями — кислотами, сложными эфирами, альдегидами и высшими спиртами. В состав твердой фазы бражки входят нерастворимые частицы исходного сырья — шелуха и дробина. Все вещества, которые остаются в остатке после выпаривания спирта, воды и летучих примесей также входят в состав твердой фазы. Это растворимые экстрактивные вещества органического и неорганического происхождения. Газообразная фаза бражки представлена главным образом продуктом жизнедеятельности дрожжей — диоксидом углерода, который образуется при сбраживании сахаров.

Брожение — процесс брожения представляет собой превращение углеводов в результате культивирования дрожжей в этанол и диоксид углерода.

Брожение верховое — быстрое брожение сусла, происходящее при относительно высокой температуре с добавлением верховых дрожжей, которые к концу процесса поднимаются на поверхность.

Брожение низовое — медленное брожение сусла, происходящее при пониженной температуре (от 4 до 9°C) с добавлением низовых дрожжей, которые к концу брожения оседают на дно. Сбраживается больше сахаров, чем при верховом брожении. Вкусовые качества пива улучшаются.

Гемицеллюлоза — некрахмалистый полисахарид, входит в состав растительных клеточных стенок. Состоит из β -глюканов и пентозанов.

Гумми-вещества — соединения, близкие по составу к гемицеллюлозе.

Грубый помол солода — помол солода, в котором массовая доля муки составляет 25%.

Дека — в конце главного брожения происходит выделение пузырьков углекислого газа, и завитки пены исчезают, поверхность пены остается покрытой слоем пены, называемой декой.

Диацетил — летучее соединение, придающее пиву медово-фруктовый аромат. Высокое его содержание в пиве придает неприятный вкус и запах.

Дображивание — после главного брожения молодое пиво непригодно к употреблению, оно характеризуется мутностью, своеобразным вкусом и ароматом. Его направляют в закрытые аппараты для дображивания. В процессе дображивания пиво осветляется, насыщается диоксидом углерода, становится более прозрачным.

Дробина пивная образуется в процессе фильтрования затора как осадок после отделения пивного сусла. Дробина представляет собой гущу светло-коричневого цвета со специфическим ароматом. В ней содержатся оболочки зерна, неосахаренный крахмал, белковые вещества.

Дрожжи — одноклеточные микроорганизмы растительного происхождения, которые вызывают брожение. Во время этого процесса образуется алкоголь.

Завитки пены появляются при главном брожении пивного сусла на поверхности бродильной емкости.

Замочный аппарат представляет собой цилиндрический сосуд с коническим дном. Оборудован устройствами для подачи воды, воздуха и для перемешивания зерна.

Затираание — процесс смешивания дроблёных зернопродуктов с водой.

Затор — смесь дроблёных зернопродуктов с водой.

Карамельный солод — вид сладкого солода, используемый в производстве темного пива. Кроме сушки он проходит термическую обработку, в результате которой образуются ароматические и красящие вещества, от которых зависят специфический вкус, аромат и цвет темного пива.

Карбонизация — дополнительное насыщение пива углекислым газом.

Кег пивной — это цилиндрический полый контейнер для пива, как правило, изготавливаемый из нержавеющей стали, а недавно его стали делать и из пластика. Пивной кег имеет одно отверстие сверху, где помещается заборная головка, через которую и происходит розлив пива.

Меланоидины — красящие и ароматические вещества, образующиеся в результате взаимодействия сахаров с аминокислотами.

Напитки безалкогольные приготавливаются из питьевой, минеральной питьевой воды, соков, их концентратов, растительного сырья, ароматизаторов, сахара, заменителей сахара и подсластителей с добавлением вкусо-ароматических добавок, красителей и других компонентов.

Напитки слабоалкогольные готовят смешиванием виноградного, плодового, этилового ректифицированного спирта с водой, сахаром или его заменителями, лимонной кислотой, соками, настоями и экстрактом растительного сырья, продуктами пчеловодства, вкусо-ароматическими добавками, красителями и другими компонентами с насыщением и без насыщения диоксидом углерода.

Некрахмальные полисахариды представлены целлюлозой, пектиновыми веществами, гемицеллюлозой и гумми-веществами.

Несоложенные материалы — для снижения затрат на производство пива и изменения состава экстрактивных веществ сусла часть солода заменяют несоложенным зерном, таким как рис, пшеница, кукуруза, ячмень, т. е. непропеченным.

Неферментативные процессы при затираании: экстракция растворимых веществ, коагуляция белков, образование меланоидинов, взаимодействие солей воды с веществами солода, окислительные процессы.

Одна кислотная единица (к. ед.) — единица кислотности сусла, эквивалентная 1 см^3 раствора гидроокиси натрия концентрацией 1 моль/дм на 100 см^3 сусла.

Одна цветовая единица (ц. ед.) — единица цвета сусла, соответствующая цвету раствора из 100 см^3 воды и 1 см^3 раствора йода концентрацией $0,1 \text{ моль/дм}$.

Осахаривание. Это процесс расщепления крахмала до сахаров и низкомолекулярных веществ — декстринов. Осахаривание происходит под действием солодовых амилаз, основные — α и β -амилазы. При этом α -амилаза гидролизует амилозу до мальтозы и небольшого количества глюкозы, а амилопектины — до

низкомолекулярных декстринов и мальтозы. Оптимальная температура действия фермента 70–75°C. β -амилаза действует на амилозу, образуя в основном мальтозу. Под действием β -амилазы на амилопектин образуется мальтоза и высокомолекулярные β -декстрины, которые в дальнейшем гидролизуются α -амилазой до низкомолекулярных.

Опалесценция — показатель прозрачности пива, характеризующийся содержанием взвешенных, пылевидных частиц, просматриваемых на свету или световом экране.

Пастеризация — кратковременное (в течение 3–20 мин) нагревание до 60–80°C и охлаждение в течение 15–20 мин уже готового и разлитого в тару пива, чтобы уничтожить или подавить способность микроорганизмов к размножению.

Пиво — слабоалкогольный, насыщенный двуокисью углерода, тонизирующий, пенистый напиток, получаемый путём сбраживания охмеленного сусла пивными дрожжами.

Плотность — концентрация массовой доли сухих веществ в начальном сусле.

Ректификация — процесс разделения бинарной или многокомпонентной жидкой смеси на компоненты или группы компонентов (фракции), различающиеся между собой летучестью (упругостью пара).

Ректифицированный спирт получают из спирта-сырца или непосредственно из бражки. Из спирта-сырца ректифицированный спирт может быть получен на периодически или непрерывно действующих ректификационных установках. Получение ректифицированного спирта непосредственно из бражки считается экономически более целесообразным и осуществляется на непрерывно действующих брагоректификационных установках (БРУ), на которых можно выделить спирт из бражки и освободить его от сопутствующих летучих примесей.

Росткоотбивная машина служит для освобождения солода от ростков. Ростки имеют горький вкус, наличие их в солоде снижает качество пива.

Солод образуется после замачивания, проращивания и высушивания ячменя.

Солодовни — устройства для проращивания зерна с целью получения солода.

Солодоращение — процесс проращивания зерна ячменя в определенных условиях с целью накопления гидролитических ферментов.

Спирт-сырец получают из бражки с помощью ректификации на сырцовых ректификационных установках.

Спиртовое брожение — изменение химического состава сусла за счет сбраживания сахаров.

Способность прорастания — это процент зерен, проросших на пятые сутки солодоращения. Этот показатель оценивается через 45 сут после уборки ячменя.

Степень сбраживания — отношение количества сброженного экстракта к экстракту сусла, выраженное в процентах.

Темное пиво готовят из специальных видов солода. Вкус его должен быть сладковатым и не оставлять хмелевой горечи.

Темный солод — вид солода, полученный в результате высокотемпературной сушки солода.

Теплообменник — механическое устройство для быстрого охлаждения затора.

Тонкий помол солода — помол солода, в котором массовая доля муки составляет не менее 90%.

Ферменты — органические или биологические катализаторы в зерне, ускоряющие скорость реакций. При нагревании затора они преобразуют крахмал солода в сахара.

Хмелепродукты — к ним относятся брикетированный хмель, гранулированный хмель, экстракты хмеля.

Хмель — женские неоплодотворенные соцветия, которые используют в производстве пива. Они содержат 8–10% горьких, ароматических и дубильных веществ. Хмель придает пиву горечь, аромат, травянистый привкус и способствует длительному хранению.

Число Кольбаха — показатель степени белкового растворения солода, определяемый отношением растворимого белка к общему, выраженному в процентах.

Экстракт — вещества, перешедшие в раствор в процессе затираания.

Экстрактивностью, или экстрактом ячменя, называется сумма всех веществ, которые переходят в раствор при обработке размолотого ячменя ферментами солода (выражается в процентах к массе ячменя).



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аксенов, М. М.* Современные технологии рациональной переработки отходов пивоваренного производства / М. М. Аксенов, О. В. Дубровская // Пиво и напитки. — 2019. — № 3. — С. 44–47.
2. Исследование влияния протеолитических ферментов на сбраживание осветленного суслу из экструдированной пшеницы / М. В. Амелякина, Л. В. Римарева, В. И. Степанов [и др.] // Пиво и напитки. — 2018. — № 4. — С. 36–40.
3. *Батищева, Н. В.* Технологический контроль солода и пива. Лабораторный практикум / Н. В. Батищева. — Самара : ГБОУ СПО «Самарский механико-технологический техникум», 2014. — 55 с.
4. Качество зерна образцов пленчатого и голозерного ячменя в условиях Северного Зауралья / Р. И. Белкина, М. В. Губанов, А. А. Грязнов, В. М. Губанова // Агропродовольственная политика России. — 2015. — № 10. — С. 22–25.
5. *Белкина, Р. И.* Урожайность и качество зерна пивоваренных сортов ячменя на разных фонах минеральных удобрений / Р. И. Белкина, А. Ю. Першаков, В. К. Яковлев // Агропродовольственная политика России. — 2017. — № 12 (72). — С. 75–78.
6. *Борисенко, Т. Н.* Технология отрасли. Технология пива : учебное пособие / Т. Н. Борисенко. — Кемерово : КемТИПП, 2007. — 136 с.
7. *Бородулин, Д. М.* Совершенствование способа приготовления пивного суслу / Д. М. Бородулин, Е. А. Сафонова, И. О. Миленский // Пиво и напитки. — 2018. — № 4. — С. 42–45.
8. *Волкова, Т. Н.* Гашинг пива: современное состояние проблемы / Т. Н. Волкова, И. В. Селина, М. С. Созинова // Пиво и напитки. — 2019. — № 2. — С. 40–46.
9. *Гернет, М. В.* Выявление показателей для определения прогнозирования сроков стойкости пива верхового и низового брожения / М. В. Гернет, И. Н. Грибкова, М. А. Захаров // Пищевая промышленность. — 2020. — № 2. — С. 16–19.
10. *Глуховцев, В. В.* К проблеме использования ярового ячменя на пивоваренные цели в условиях Среднего Поволжья / В. В. Глуховцев // С.-х. биология. — 1996. — № 3. — С. 32–39.
11. *Горпинченко, Т. В.* Оценка качества сортов сельскохозяйственных культур как сырья для переработки / Т. В. Горпинченко. — М., 2008. — 151 с.
12. Исходный материал для селекции ярового ячменя и перспективы его использования в Северном Зауралье : монография / М. В. Губанов, А. А. Грязнов, Р. И. Белкина, В. М. Губанова. — Тюмень, 2018. — 159 с.
13. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович [и др.]. — Л. : Агропромиздат, 1987. — 430 с.
14. *Ермолаев, С. В.* Анализ цветных веществ в карамельном солоде и сиропах / С. В. Ермолаев, А. Г. Кривовоз // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2015. — № 2. — С. 34–37.
15. *Ермолаева, Г. А.* Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков : учебник для начального профессионального образова-

ния / Г. А. Ермолаева, Р. А. Колчева. — М. : ИРПО : Издат. центр «Академия», 2000. — 416 с.

16. Ильин, Д. Ю. Основы биотехнологии переработки сельскохозяйственной продукции : учебное пособие / Д. Ю. Ильин, Г. В. Ильина. — Пенза : РИО ПГСХА. 2016. — 115 с.

17. Итоги работы предприятий РФ по производству пива, безалкогольных и алкогольных напитков, соков, винодельческой продукции и спирта за январь-сентябрь 2019 г. // Пиво и напитки. — 2019. — № 4. — С. 4–5.

18. Применение послеспиртовой зерновой барды в производстве продуктов питания / А. Ш. Кайшев, Н. Ш. Кайшева, Г. В. Смоленская, Н. Н. Семенова // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2015. — № 3. — С. 15–18.

19. Влияние нанопрепаратов оксида меди и никеля на протеолитическую активность светлого ячменного солода / Д. В. Карпенко, В. В. Житков, И. А. Орлов, С. А. Словецкий // Пиво и напитки. — 2018. — № 3. — С. 15–19.

20. Ковалевский, К. А. Технология броидильных производств / К. А. Ковалевский. — Киев : Инкос, 2004. — 338 с.

21. Колесников, А. Ю. Биохимические системы в оценке качества продуктов питания (ферментативный анализ) / А. Ю. Колесников. — М. : Пищевая промышленность, 2000. — 416 с.

22. Химико-технологический контроль пиво-безалкогольного производства / Р. А. Колчева, Л. А. Херсонова, К. А. Калунянц, А. И. Садова. — М. : Пищевая промышленность, 1988. — 272 с.

23. Косимский, Г. И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по технологическому контролю производства / Г. И. Косимский. — Минск : Дизайн ПРО, 2001. — 352 с.

24. Кунце, В. Технология солода и пива / В. Кунце. — СПб. : Профессия, 2001. — 912 с.

25. Лепайыз, Я. Я. Пивоваренный ячмень в Эстонии / Я. Я. Лепайыз. — Таллин : Валгус, 1980. — 246 с.

26. Мальцев, П. М. Технология броидильных производств (общий курс) / П. М. Мальцев. — М. : Пищевая промышленность, 1980. — 560 с.

27. Меледина, Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т. В. Меледина. — СПб. : Профессия, 2003. — 304 с.

28. Музафаров, Е. Н. История и география биотехнологий : учебное пособие / Е. Н. Музафаров. — СПб. : Лань, 2018. — 344 с.

29. Нарцисс, Л. Краткий курс пивоварения / Л. Нарцисс. — СПб. : Профессия, 2007. — 641 с.

30. Оноприйко, А. В. Основы технологии пива : учебное пособие / А. В. Оноприйко, В. А. Оноприйко. — Ставрополь : СевКавГТУ, 2002. — 82 с.

31. Опанасюк, И. В. Качество зерна сортов ячменя и факторы, определяющие его в условиях Северного Завралья / И. В. Опанасюк, Р. И. Белкина // Вестник КрасГАУ. — 2012. — № 3. — С. 63–66.

32. Опанасюк, И. В. Роль сорта в получении зерна ячменя разного целевого назначения в агроклиматических зонах Тюменской области / И. В. Опанасюк. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. — 80 с.

33. *Перелыгин, В. М.* Совершенствование брагоректификационных установок косвенно-прямоточного действия / В. М. Перелыгин, Г. В. Агафонов, А. В. Торшин // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2015. — № 5. — С. 46–49.

34. Производство пивоваренного ячменя в условиях северной лесостепи Тюменской области: Рекомендации / РАСХН Сибирское отделение, ГНУ Северного Зауралья. — Тюмень, 2007. — 23 с.

35. *Соболева, Е. В.* Основы технологии пищевых продуктов. Лабораторные работы / Е. В. Соболева, М. М. Данина. — СПб. : НИУ ИТМО : ИХиБТ, 2013. — 56 с.

36. Разработка технологии производства напитков функционального назначения на основе пивного сусла / Е. А. Сосюра, Е. С. Романенко, Н. А. Есаулко [и др.] // Пиво и напитки. — 2019. — № 1. — С. 38–42.

37. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / В. И. Манжесов, Т. Н. Тертычная, С. В. Калашникова [и др.] ; под общ. ред. В. И. Манжесова. — СПб. : ГИОРД, 2016. — 816 с.

38. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / под ред. Н. М. Личко. — М. : КолосС, 2006. — 616 с.

39. Технология солода, пива и безалкогольных напитков / К. А. Калунянц, В. Л. Яровенко [и др.]. — М. : Колос, 1992. — 446 с.

40. Технология спирта / В. Л. Яровенко, В. А. Маринченко, В. А. Смирнов [и др.] ; под ред. В. Л. Яровенко. — М. : Колос, 1999. — 464 с.

41. *Тихомиров, В. Г.* Технология пивоваренного и безалкогольного производств / В. Г. Тихомиров. — М. : Колос, 1998. — 448 с.

42. *Туршатов, М. В.* Анализ технологических факторов, влияющих на качественный состав пищевой клетчатки при переработке зерна на спирт / М. В. Туршатов, В. А. Кривченко, А. О. Соловьев // Пиво и напитки. — 2019. — № 4. — С. 65–68.

43. *Фараджеева, Е. Д.* Общая технология бродильных производств / Е. Д. Фараджеева, В. А. Федоров. — М. : Колос, 2002. — 408 с.

44. *Хоконова, М. Б.* Технологические особенности производства различных сортов пива / М. Б. Хоконова // Пиво и напитки. — 2019. — № 3. — С. 20–23.

45. *Хорунжина, С. И.* Биохимические и технохимические основы технологии солода и пива / С. И. Хорунжина. — М. : Колос, 1999. — 312 с.

46. *Хосни, Р. К.* Зерно и зернопродукты. Научные основы и технологии / Р. К. Хосни ; пер. с англ. под общ. ред. Н. П. Черняева. — СПб. : Профессия, 2006. — 336 с.

47. *Храмцов, И. В.* Эффективность производства пивоваренного ячменя в Западной Сибири / И. В. Храмцов, Б. С. Кошелев // Зерновое хозяйство. — 2001. — № 4. — С. 10–12.

48. *Шулепова, О. В.* Качество зерна сортов ячменя в условиях Северного Зауралья / О. В. Шулепова, Р. И. Белкина // Вестник Красноярского аграрного университета. — 2017. — № 10. — С. 9–14.

49. Шулепова, О. В. Формирование элементов продуктивности и качества зерна у сортов ярового ячменя в Северном Зауралье : монография / О. В. Шулепова, Р. И. Белкина. — Тюмень : Вектор Бук, 2019. — 160 с.

50. Яковлев, В. К. Продуктивность и качество зерна пивоваренных сортов ячменя в Северном Зауралье / В. К. Яковлев, А. Ю. Першаков, Р. И. Белкина // Вестник Красноярского аграрного университета. — № 12. — С. 10–15.

Нормативные документы

51. ГОСТ 5060-86. Ячмень пивоваренный. Технические условия (с изм. № 1). — М. : Стандартинформ, 2010.

52. ГОСТ 10967-90. Зерно. Методы определения запаха и цвета. — М. : Стандартинформ, 2009.

53. ГОСТ 30483-97. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержание металломагнитной примеси. — М. : Стандартинформ, 2009.

54. ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности (с поправкой). — М. : Стандартинформ, 2016.

55. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян (с изм. № 1). — М. : Стандартинформ, 2009.

56. ГОСТ ISO 520-2014. Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен. — М. : Стандартинформ, 2015.

57. ГОСТ 10968-88. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания (с изм. № 1). — М. : Стандартинформ, 2009.

58. ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.

59. ГОСТ 10844-74. Зерно. Метод определения кислотности по болтушке (с изм. № 1). — М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.

60. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.

61. ГОСТ 21947-76. Хмель прессованный. Технические условия (с изм. № 1). — М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.

62. ГОСТ 29294-2014. Солод пивоваренный. Технические условия. — М. : Стандартинформ, 2016.

63. ГОСТ 31711-2012. Пиво. Общие технические условия. Межгосударственный стандарт. — М. : Стандартинформ, 2013.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. СЫРЬЕ ДЛЯ ПИВОВАРЕНИЯ	4
ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА	11
2.1. Очистка и сортирование зерна ячменя	11
2.2. Замачивание ячменя	12
2.3. Проращивание ячменя	15
2.4. Сушка солода	17
2.5. Обработка и хранение сухого солода	18
2.6. Требования к качеству ячменного солода	19
ГЛАВА 3. ОЧИСТКА И ДРОБЛЕНИЕ СОЛОДА	22
3.1. Подготовка солода к измельчению	22
3.2. Дробление солода	22
3.3. Контроль работы дробильного отделения	25
ГЛАВА 4. ЗАТИРАНИЕ	27
4.1. Процессы, протекающие при затирании	27
4.2. Способы затирания	29
4.3. Подкисление затора	32
ГЛАВА 5. ФИЛЬТРОВАНИЕ ЗАТОРА. КИПЯЧЕНИЕ И ОСВЕТЛЕНИЕ СУСЛА	34
5.1. Фильтрация затора	34
5.2. Кипячение сусла с хмелем	35
5.3. Охлаждение и осветление сусла	37
ГЛАВА 6. БРОЖЕНИЕ ПИВНОГО СУСЛА	40
6.1. Главное брожение пивного сусла	41
6.2. Дображивание пива	43
ГЛАВА 7. ОСВЕТЛЕНИЕ ПИВА, РОЗЛИВ ПИВА, ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПИВА. СОСТАВ ПИВА И ПОКАЗАТЕЛИ ЕГО КАЧЕСТВА	46
7.1. Осветление пива	46
7.2. Розлив пива	46
7.3. Повышение стойкости пива	47
7.4. Состав пива и показатели его качества	48
ГЛАВА 8. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА	50
8.1. Характеристика сырья для производства спирта	50
8.2. Подготовка крахмалсодержащего сырья и осаживающих материалов	51
8.3. Разваривание крахмалсодержащего сырья	53
8.4. Осаживание крахмалсодержащего сырья	56
8.5. Культивирование дрожжей	59
8.6. Сбраживание осаживаемой массы	61
8.7. Извлечение спирта из бражки и его очистка	64

ГЛАВА 9. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....	71
Лабораторная работа № 1. Определение запаха и цвета зерна	71
Лабораторная работа № 2. Содержание сорной, зерновой примесей, мелких зерен, определение крупности зерна	73
Лабораторная работа № 3. Определение влажности зерна методом высушивания	75
Лабораторная работа № 4. Определение массы 1000 зерен	78
Лабораторная работа № 5. Определение энергии прорастания и способности прорастания зерна ячменя	79
Лабораторная работа № 6. Определение содержания крахмала в зерне	80
Лабораторная работа № 7. Определение пленчатости зерна.....	83
Лабораторная работа № 8. Определение титруемой кислотности зерна	84
Лабораторная работа № 9. Определение содержания белка	86
Лабораторная работа № 10. Хмель как сырье для пивоварения. Оценка качества хмеля	89
Лабораторная работа № 11. Определение зольности хмеля	91
ГЛОССАРИЙ.....	93
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	97



*Раиса Ивановна БЕЛКИНА,
Вера Михайловна ГУБАНОВА,
Михаил Валерьевич ГУБАНОВ*

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА, ПИВА И СПИРТА

Учебное пособие



Зав. редакцией ветеринарной
и сельскохозяйственной литературы *Т. В. Карпенко*
Ответственный редактор *Т. С. Спирина*
Подготовка макета *Э. Я. Юзеев*
Корректор *Т. А. Кошелева*
Выпускающий *В. А. Иутин*

ЛР № 065466 от 21.10.97
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com
196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 1, лит. А
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71



Подписано в печать 08.06.20.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 70×100 ¹/₁₆.
Печать офсетная. Усл. п. л. 8,45. Тираж 30 экз.

Заказ № 534-20.

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного оригинал-макета в АО «Т8 Издательские Технологии».
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.